

响[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(10): 6018-6025.

[50] 方鹏飞, 温剑涛, 刘宗玮. 杜仲腰痛丸通过 NF-κB 信号通路对腰椎间盘突出炎症因子的调控影响[J]. 中国中医急症, 2020, 29(12): 2097-2099; 2103.

[51] 陈祁青, 马 东, 赵继荣, 等. 基于网络药理学及动物实验的杜仲腰痛丸治疗腰椎间盘突出症慢性下肢痛的作用研究[J]. 世界科学技术 (中医药现代化), 2023, 25(5): 1702-1713.

[52] 张立存. 基于改善背根神经节微循环障碍研究杜仲腰痛丸治疗腰椎间盘突出症的作用机理[D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2022.

[53] Geng J, Wang L, Li Q, *et al.* The association of lumbar disc herniation with lumbar volumetric bone mineral density in a cross-sectional chinese study[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(6): 938.

[54] 史凡凡. 杜仲腰痛丸含药血清对 MC3T3-E1 细胞增殖、分化的影响[D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2023.

[55] 朱换平, 赵继荣, 石 敏, 等. 杜仲腰痛丸治疗老年骨质疏松性腰背痛患者的临床观察[J]. 中药药理与临床, 2021, 37(6): 153-156.

中药炭药现代研究进展

姜 涵¹, 卢 琪^{2,3}, 曲珍妮^{2,3}, 吕 畅^{2,3}, 戴衍朋^{2,3}, 石典花^{2,3*}
(1. 山东中医药大学, 山东 济南 250014; 2. 山东省中医药研究院, 山东 济南 250014; 3. 国家中医药管理局中药蜜制和制炭炮制技术与原理重点研究室, 山东 济南 250014)

摘要: 炭药是最具中药炮制特色的品种之一, 具有止血、凝血、止泻、抗炎、抗氧化等作用, 有较高的研究价值, 尤其在止血、止泻等方面疗效显著。近年来, 随着中医药现代化进程不断推进, 对中药炭药的现代研究日益深入, 不断推动传统炮制技术与现代科学的深度融合。本文系统查阅相关文献, 从炮制工艺、化学成分、药理作用、炮制原理、炮制理论、质量标准等多个角度对炭药现代研究进展进行梳理与总结, 分析目前存在的主要问题, 重点围绕工艺优化、物质基础解析、质量评价体系构建等核心环节, 以及先进科学技术在炭药研究领域中的应用进行展望, 以期为其进一步开发应用提供借鉴。

关键词: 中药; 炭药; 炮制; 化学成分; 药理作用; 质量标准

中图分类号: R283 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2025)07-2278-06

doi: 10. 3969/j.issn.1001-1528. 2025. 07. 022

中药炭药是在中医药理论指导下, 经加工炮制使中药部分炭化而制成的饮片, 具有鲜明的炮制特色与深厚的历史渊源, 其应用可追溯至现存最古老医学方书——汉代《五十二病方》中“燔发止血”的记载, 至元代《十药神书》提出“红见黑则止”理论, 为其应用奠定了理论基础^[1-2]。炭药炮制方法繁多, 主要包括烧灰、烧炭、烧末、烧灰存性、烧炭存性等, 涉及中药二百多种^[3], 在止血、止泻等方面疗效显著, 具有较高的临床应用价值。随着现代科学技术与中医药的深度融合, 对中药炭药的研究已由传统的经验传承逐步转向原理、机制解析, 目前已取得阶段性进展, 但仍存在炮制工艺标准化程度不高、炮制理论

研究缺乏整合、临床用药缺乏指导等问题。本文系统查阅大量国内外关于中药炭药的文献, 从炮制工艺、化学成分、药理作用、炮制原理、炮制理论、质量标准等方面进行梳理和总结, 以期为其进一步开发应用提供参考借鉴。

1 炮制工艺

炭药质量与其炮制工艺息息相关, 炮制往往存在“太过”“不及”等问题, 炒制过重现象尤为严重^[4]。为规范炭药炮制工艺、提高炭药品质, 对中药制炭工艺进行优选显得尤为重要。目前中药制炭方法主要分为清炒法、焖煨法、砂烫法^[5]。

1.1 清炒法 传统清炒工艺往往通过经验来判断炒炭程

收稿日期: 2025-01-28

基金项目: 第七批全国老中医药专家学术经验继承项目 (国中医药人教函 [2022] 76 号); 国家中医药管理局中药炮制技术传承基地建设项目 (国中医药办规财函 [2022] 185 号); 国家中医药管理局高水平中医药重点学科建设项目 (ZYYZDXK-2023121); 国家中医药管理局全国老药工传承基地建设项目 (国中医药人教函 [2024] 255 号); 山东省自然科学基金 (ZR2023MH114); 山东省中医药科技发展计划项目 (M20242222, Q-2023158, Z-2022086T); 齐鲁医派中医学术流派传承项目 (鲁卫函 [2021] 45 号)

作者简介: 姜 涵 (1997—), 男, 硕士生, 研究方向为中药炮制。E-mail: 1063811067@qq.com

*** 通信作者:** 石典花 (1981—), 女, 博士, 研究员, 研究方向为中药炮制。E-mail: shidianhua81@163.com

度，存在较强主观性。为进一步优化炒炭工艺，研究人员引入热重质谱联用技术、傅里叶变换红外光谱分析、扫描电子显微镜观察等分析手段^[6]及热分析技术^[7]来量化炒炭温度，以实现炒炭程度的精确控制，与传统工艺相比，这些技术在调节火候和火力参数方面表现出更高可靠性和精确度。此外，现代研究大多以炭药有效成分含量为指标优选最佳制炭工艺。谈小飞等^[8]以地黄炭有效成分的质量分数、吸附力、得率、外观性状评分等为评价指标，通过单因素和正交试验设计考察，结合成分分析（analytic hierarchy process，AHP）-指标权重确定方法（criteria importance through intercriteria correlation，CRITIC）复合熵权确定各评价指标权重系数，优选最佳工艺为炒制温度 200 ℃，炒制时间 20 min，炒药机转速 25 Hz。李本淳等^[9]以甘草炭水溶性浸出物、有效成分甘草苷和甘草酸含量为评价指标，炒炭温度、炒炭时间、翻动频率为考察因素，采用正交试验法对甘草炭炮制工艺进行优选，确定最佳工艺为炒炭温度 360 ℃，炒炭时间 6 min，翻动频率 25 r/min。

1.2 焖煨法 《本草纲目拾遗》记载创新制炭工艺，包括泥球包煨、竹筒泥封固煨、阴阳瓦、泥封煨等，是现代焖煨法制炭的起源^[10]，焖煨法适用于煨制质地疏松、易灰化的药物^[11]。孟则敬等^[12]采用正交试验结合多指标加权分析方法，以煨炭时间、煨炭温度、投药量、容器容积比为考察因素，以碳素含量、炮制后得率、饮片外观性状等为评价指标，优化灯心草煨炭工艺，确定最佳工艺为控制投药质量与容器容积之比 3：1，煨制温度 250 ℃，煨制时间 15 min，待冷后取出。因巴豆传统制炭方法存在产出率低、毒害操作人员等问题，黄坤等^[13]采用焖煨法优化其制炭工艺，确定最佳工艺为焖煨温度 850 ℃，焖煨时间 1 h，实验证明该方法优于古法制炭工艺。

1.3 砂烫法 砂烫法以砂为热传导介质，可增大药物受热面积，使药物均匀受热并保持一致性^[14]。王艾琳等^[15]研究发现，砂烫法与清炒法相比在制备防风炭时具有炮制时间短、有效成分含量高等优势，因此选择砂烫法。运用多指标综合评价结合成分分析，采用高效液相色谱（high performance liquid chromatography，HPLC）法测定其有效成分含量，综合浸出物含量、外观性状进行加权评分，确定最佳工艺为砂炒温度 230 ℃，炒制 3.5 min。李巨宝等^[16]研究发现，砂烫杜仲炭有效成分含量与成品率均高于清炒杜仲炭。然而，不同砂炒品种和工艺参数之间存在差异，砂烫法不利于规范生产和推广应用^[17]，因此仍需进一步研究和优化该炮制工艺。

2 化学成分

中药炒炭过程伴随复杂成分变化，会直接影响前者药理作用。因此，对炭药化学成分进行深入研究有利于全面认知其药效发挥的物质基础。

2.1 鞣质 鞣质能与蛋白质结合形成大分子物质，在创伤组织表面形成保护膜，减少分泌与血浆渗出，被广泛认为

是炭药发挥止血作用重要物质基础^[18]。程旭希等^[19]研究发现，与生品比较，地榆炭能缩短大鼠创伤模型出血时间，同时鞣质含量与大鼠血液黏度呈极强正相关，表明其可能是地榆炭发挥凝血药效的关键物质。朱塔塔等^[20]采用灰关联度分析技术发现，鞣质类成分与大黄炭止血功效关联较大，与鞣质类成分的促进血小板聚集及血栓形成有关。但也有研究表明并非所有“炭药止血”功效发挥都与鞣质有关，高思英等^[21]研究发现，茜草炭中低鞣质含量样品止血效果优于高鞣质含量样品；许腊英等^[22]研究发现，乌梅生品中鞣质含量最高，但无凝血作用，而乌梅炭鞣质含量较生品下降，凝血效果却最佳，因此认为乌梅炭中鞣质含量与其凝血效果并非正相关。

2.2 黄酮类 黄酮具有多种功效，包括缩短血浆凝血原时间、延长凝血活酶时间等作用^[23]。刘洋等^[24]通过体外凝血实验研究表明，荷叶煨炭后总黄酮含量增加且止血效果增强。钟凌云等^[25]通过毛细管法研究大蓟炭各部位止血作用，发现其总黄酮部位止血作用最好，并进一步确定黄酮类成分，特别是柳穿鱼黄素为其主要活性成分。Chen 等^[26]研究发现，荷叶在炭化过程中黄酮苷类降解为黄酮苷元类，可缩短出血、凝血时间，并中和生物碱类抗凝血效果，发挥整体止血作用。

2.3 钙离子、碳素 中药经炒炭处理释放出的可溶性钙离子作为凝血因子Ⅳ，具有促进血液凝固特性^[27-28]。吕燕萍^[29]研究发现，大枣炭止血作用与钙离子浓度、孔隙率有关，提示钙离子浓度与吸附力变化是其物质基础和主要机理。张丽等^[30]研究发现，荆芥炒炭后吸附力增大的同时碳素含量增加，提示其止血效果不仅与钙离子促凝作用有关，还与炒炭过程中产生具有吸附作用的碳素有关，推测炭药经过高温炮制后草酸钙或碳酸钙分解并产生碳素，进而促进血液中蛋白质凝固，激活凝血因子，产生凝血效果。

2.4 纳米类成分 炭药炮制过程中“高温炭化”工艺与纳米材料“碳点”制备工艺存在显著相似性，因此有学者从“纳米成分”出发，探索炭药炮制成分变化本质^[31]。张美龄^[32]引入了纳米学科分离和表征技术（如透射电子显微镜、傅里叶变换红外光谱、荧光光谱），首次发现并证实荆芥炭透析袋内溶液的纳米成分是其止血功效物质基础。Liang 等^[33]通过细胞实验、动物实验、代谢组学分析方法对侧柏炭中纳米类成分进行研究，发现其具有良好生物相容性及快速止血效果，对于治疗出血性疾病潜力巨大。

3 药理作用

自元代起，“血见黑则止”理论深入人心，尽管这一观点部分解释了炭药的止血特性，但并非所有炭药均具有该作用^[1]。炭药因具有良好的收敛、吸附、止血效果，在临床上被广泛应用于出血性疾病和胃肠道疾病的治疗^[34]。

3.1 止血 止血是一个复杂且独特过程，涉及内皮细胞、血小板、凝血、纤溶系统相互作用^[31]，而炭药止血功效既可通过单一途径（如增强血小板聚集功能、拮抗抗凝血药物等）实现，又可通过促进数个系统共同参与完成。李娴

等^[35]给予大鼠临床用药 20 倍剂量的丹皮炭，发现它通过调节血栓素 B2、6-酮-前列腺素水平来增强血小板聚集功能，进而发挥凝血、止血作用，但对纤溶活性无显著影响。陈泣等^[36]使用肝素钠与华法林建立小鼠出血模型，通过观察大蓟炭对不同出血模型小鼠出血与凝血时间影响，发现它对病理性出血模型动物止血效果可能与其拮抗肝素钠对凝血酶抑制作用及类维生素 K 作用有关。刘淑蕊等^[37]发现，姜炭能缩短虚寒性出血大鼠凝血时间，增加血浆黏度，延长优球蛋白溶解时间，表明它通过降低纤溶酶原激活物水平，升高纤维蛋白原（fibrinogen，FIB）水平，从而发挥止血、凝血作用。薛露等^[38]利用干酵母致热血热复合出血模型大鼠研究侧柏炭有效成分止血效果，发现黄酮类成分群可缩短血浆凝血酶时间（thrombin time，TT）和活化部分凝血活酶时间（activated partial thromboplastin time，APTT），降低 FIB 水平，可能通过调节内源性凝血系统，促进血小板聚集，降低全血黏度等发挥止血作用。Li 等^[39]采用网络药理学方法评价牡丹皮炭止血机制，发现牡丹皮炭主要通过 2 个化合物与 5 种靶蛋白相互作用参与凝血级联反应以及血小板活化相关途径，以多成分-多靶点方式发挥止血功效。田瑞等^[40]发现，山楂炭止血活性物质松柏醛可缩短 TT，升高 FIB 水平，表明它是通过激活 FIB 凝血途径和促进血小板聚集共同完成的。

3.2 止泻 炭药在肠道疾病中有广泛应用，主要用于治疗肠道湿热、久痢黏液脓血等。《普济方》中记载：“烧灰存性，治瀑泻不止”，说明炭药可用于泻痢的治疗。陈志能等^[41]研究陈皮炭对腹泻大鼠的止泻机制，发现它可通过降低血清 5-羟色胺水平来减少肠道蠕动，具有止泻效果。杨海玲等^[42]采用番泻叶法复制昆明小鼠急性腹泻模型，以腹泻指数和腹泻潜伏期为指标，考察广山楂及炭品水提物止泻作用，发现后者能产生新化学成分 5-羟甲基糠醛并产生止泻作用。此外，炭药纳米类成分同样展现出对小肠运动功能亢进的拮抗作用，具有止泻效果^[43-44]。

3.3 抗炎、抗氧化 随着对炭药纳米类成分深入探究，发现其具有抗炎、抗氧化特性。Wu 等^[45]通过检测脂多糖诱导大鼠血清中炎症因子水平变化，评估金银花炭纳米类成分抗炎效果，发现它可通过降低炎症因子水平来减轻脂多糖引起的发热，发挥抗炎效果。Liang 等^[33]采用免疫组化法分析侧柏炭纳米类成分对血热出血症模型大鼠的干预作用，发现它可通过降低促炎因子白细胞介素-6（interleukin-6，IL-6）、肿瘤坏死因子- α （tumor necrosis factor- α ，TNF- α ）水平，升高抗炎因子白细胞介素-10（interleukin-10，IL-10）水平，从而有效抑制炎症反应。赵玉升^[46]以脂多糖诱导大鼠急性肺损伤研究苦杏仁炭纳米类成分抗炎效果，发现它们可降低组织中过氧化物酶活性和丙二醛水平，升高超氧化物歧化酶活性和谷胱甘肽水平，通过提高抗氧化作用来减轻肺部炎症。

4 炮制原理

4.1 基于成分与药效变化的关联分析 药物在炒炭过程中

的成分变化会影响药效。首先，炒炭促使药物原有成分转化，提升药效，石典花等^[47]研究发现，侧柏叶炒炭后黄酮苷类和双黄酮类成分转化为槲皮素和山柰酚，可缩短 APTT 和凝血酶原时间，升高 FIB 水平，对斑马鱼脑出血有抑制作用，表明制炭过程中黄酮类成分转化可增强侧柏炭止血功效；Chen 等^[26]研究发现，荷叶炒炭后黄酮类成分转化为槲皮素和山柰酚，凝血作用增强。其次，炒炭过程中产生的新物质也会增强药效，如具有吸附作用的碳素，能够促进凝血因子、血小板因子聚集，是炭药发挥止血功效重要基础^[29-30]。此外，炒炭会降低或去除一些作用相反或非药效成分。如高温炒制可破坏槐米中具有抗凝血作用的芦丁，增强其止血作用^[48]，薛贵仁^[49]用水蒸气蒸馏法提取干姜、炮姜、姜炭挥发油，通过气相色谱-质谱分析鉴定发现，经过炮制失去部分挥发物质后姜炭药性更稳定，提升药用价值。

4.2 基于药性与药效变化的关联分析 炭药药效转变与药性变化有关，部分中药经炒炭后药性会由寒凉转为温和，以地黄为例，其原本性微寒且滋腻，经炒炭后转为温和，功能由清变补，不仅有利于人体吸收，还能降低中药对人体刺激。罗健顺等^[50]采用超高效液相色谱串联四极杆静电场轨道阱质谱（ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry，UPLC-Q-Exactive-Orbitrap MS）技术检测马齿苋炒炭前后成分变化，结合凉血止血药效关联分析，发现炒炭后没食子酸、5，7，4'-三羟基黄酮、大豆苷元为主要差异成分，同时收敛止血功效增强。孔祥鹏等^[51]研究发现，蒲黄炒炭后性味由甘平转苦涩，止血作用增强，表明炒炭增强蒲黄收涩之性进而提升药效。周逸群等^[52]认为，干姜经过高温处理会减少辛辣之性，增强收敛之性，从而提高止血、止泻作用。

5 炮制理论

传统炭药炮制理论要求炒炭存性，即保存药材原有之性，与原药材相比虽然其药性有所缓和，但仍具有一定药效。长期以来，对炒炭存性具体含义、炭药“存性”控制标准、炒炭方法、目的都有不同看法和见解^[53]。曹汉麦^[54]认为，炭药须在一定程度上显出药材原色，或口尝仍有一些原药性味。姜秀清等^[55]认为，“存性”是指药物经炮制后质地和组成发生改变所获得的新特性。万军等^[56]认为，炒炭后各种中药所生成的共有物质含量各异，加之原有成分，共同发挥了止血功效。邹婷等^[57]基于金银花在炒炭过程中颜色变化及内在成分的相关性，从颜色、成分含量、显微结构等多个角度探讨其“炒炭存性”的科学内涵，发现它与药材的颜色-成分相关性、理化性质变化、新生成化学物质等因素有关。吕佳美等^[58]通过薄层色谱研究发现，艾叶炒炭后化学成分发生了显著变化，但未变化的黄酮类成分仍具止血功效，进一步验证了“炒炭存性”理论。连晓晓等^[59]采用薄层色谱法分析藕节炒炭存性质量标准，发现不同火力炮制的样品（轻炭、标准炭、重炭）与

生品具有差异，轻炭和重炭之间差别为“炒炭存性”标准提供了可靠评价指标。

“血见黑则止”源自葛可久所作《十药神书》，详细阐述了炭类药物在止血领域的应用，并根据中医理论五行相克原理“黑对应水性，血对应火性”，认为炭药具有止血功效。现代研究发现，多数中药炒炭后止血功效得到提升，进一步论证了“血见黑则止”这一古代医学理论的合理性^[48]。夏满琼^[10]从中医传统和现代药理学方面探讨了“血见黑则止”理论，指出“十灰散”等配方广泛应用可有效验证五行相克这一传统观点，并通过深入研究山楂炒炭前后物理化学特性变化，推测山楂炒炭后化学成分变化促成其止血药效。周倩等^[60]认为，“血见黑则止”可能与制炭后药物产生活性炭、可溶性钙离子等有利于凝血的物质基础有关，但并非所有中药制炭后都能增强止血效果，即生品具有良好的止血功效，而制炭后可能会减弱该作用。

6 质量标准

由于中药制炭涉及复杂化学反应，受时间、温度、加工方法、化学成分转化等诸多因素影响，使炭药质量控制较为困难^[61]。陈宁等^[62]分析 2020 年版《中国药典》炭类中药质量标准，发现近年来药典虽然逐步完善炭类中药质量标准，包括性状、鉴别、检查、浸出物、含量测定等，但仍存在缺乏符合炭药自身特色的评价指标及含量测定项。石典花等^[63]指出，2015 年版《中国药典》中侧柏炭质量标准缺乏全面的质控指标，仅收录了槲皮素薄层鉴别，未能全面反映其“炒炭存性”特性，故补充多种黄酮类化合物 TLC 鉴别方法，并构建 HPLC 指纹图谱，可用于全面提升炮制品质量标准。赵鑫等^[64]研究发现，荷叶制炭后槲皮素含量升高，金丝桃苷、荷叶碱、总生物碱含量降低，而 2020 年版《中国药典》仅对荷叶炭外观性状进行了描述，无活性成分控制指标，因此建议将金丝桃苷、槲皮素、荷叶碱三者含量共同作为关键指标以更全面、有效控制其质量。牛艳等^[65]为进一步提升槐角炭质量标准，对 18 批饮片进行了显微、特征图谱鉴别，还对水分、灰分、醇溶性提取物限量和含量进行测定，为修订槐角炭饮片地方标准提供了参考依据。

同时，研究人员致力于中药炭药质量判别方法研究，以制定更科学的炭药质量标准。陈承武等^[66]提出一种基于卷积神经网络和投票机制的新颖方法用于评价蒲黄炭质量，通过近红外光谱技术获取样本光谱，利用深度学习和机器学习算法提取特征，借助投票决策提升模型泛化能力，相比传统方法具有更高的准确率与稳定性。徐茂玲等^[67]应用光谱技术评价大黄炭炮制程度，结果显示，近红外光谱技术适用于快速评价和在线监测大黄炭炮制程度，而中红外光谱可作为鉴别炮制终点的重要指标，为炭药质量检测提供了参考。张一凡^[68]利用数字智能快速检测技术分析姜炭质量，结合机器视觉、电子鼻、色差计、近红外光谱等先进手段，定性定量分析干姜炭关键活性成分，并建立相应预测模型，客观量化其理化特性，进而提供一种快速、客

观、环保的质量评价方法，并通过结合现代传感器技术和机器学习算法对中药进行定量分析，为提升中药质量控制水平、推动其现代化和国际化提供了参考。

7 结语与展望

中药炭药具有悠久应用历史，但目前相关研究尚有不足。第一，炮制不规范，其程度主要依靠经验判断，故亟须加强规范化，提高炮制质量；第二，2020 年版《中国药典》收载的质量控制标准无法体现其“炒炭存性”特征，故亟须加强炒炭前后成分变化研究，探寻相关表征物质，建立健全炭药质量控制体系；第三，现有关于化学成分、药理作用、炮制机理、炮制理论的研究缺乏有效整合，使得制炭后药效物质基础及作用机制均不明确，尚未形成统一认知和观点，故亟须加强学科整合，以期更全面解析其科学内涵。

近年来，先进科学技术的应用有效促进了中药炭药的研究进展，其中热重质谱联用技术^[6]与热分析技术^[7]将成分变化与温度关联，为其工艺优化提供精确的热特性信息；印记模板概念^[28]和纳米科学的研究理念^[32-33]被创新性地应用于其提取、分离；UPLC-Q-Exactive-Orbitrap MS^[50]、透射电子显微镜、傅里叶变换红外光谱、荧光光谱等分析技术^[6]提高了其成分鉴定和分析水平；基于深度学习和机器学习算法提取特征的卷积神经网络技术^[66]、结合现代传感器技术和机器学习算法的数字智能快速检测技术^[68]为其质量检测提供了人工智能支持；网络药理学^[39]和代谢组学^[33]被应用于其作用机制和药效研究；多指标综合评价的 AHP-CRITIC 复合熵权法^[8]和灰关联度分析技术^[20]为其研究数据关联分析及有效决策提供了工具。未来，用于测定药物代谢酶活性影响，评估药物间相互作用的 Cocktail 探针技术^[69]；用于检测药物对细胞膜离子通道的影响，在细胞水平揭示其生理功能变化的膜片钳技术^[70]；用于分析药物对基因表达谱的影响，阐明其药理作用机制的基因芯片技术^[71]；用于检测药物特定成分在细胞内分布状况的荧光探针技术^[72]；用于检测药物对细胞凋亡影响的 DNA 末端脱氧核苷酸转移酶介导的 dUTP 缺口末端标记测定技术^[73]，以及用于观察药物对特定基因或 RNA 表达情况的原位杂交技术^[74]等也可能用于中药炭药研究，为揭示其作用机制提供更全面深入的科学依据。

参考文献：

[1] 王泽强. 浅谈中药炭药[J]. 实用中医药杂志, 2010, 26(11): 804.

[2] 马王堆汉墓帛书整理小组. 五十二病方[M]. 北京: 文物出版社, 1979: 25-130.

[3] 王英姿, 肖永庆. 历代中药炮制技术及其理论概要[M]. 北京: 中医古籍出版社, 2021: 682.

[4] 阮水珍, 刘光明. 烘法制备中药炭药实验探讨[J]. 实用中医药杂志, 2020, 36(9): 1235-1237.

[5] 曲珍妮, 吕 畅, 朱娟娟, 等. 中药炭药历代本草、现代标准及炮制经验辑要[J]. 中华中医药学刊, 2025,

43(1): 81-93.

[6] Meng X L, Guo X H, Cui N N, *et al.* Pyrolysis characteristics of *Radix Rhizoma Rhei*, *Cortex Moudan Radicis*, and *Radix Sanguisorbae* and correlations with the carbonizing process of Chinese herbs[J]. *Chin J Nat Med*, 2014, 12(1): 55-64.

[7] 吕辰子, 张晓燕, 苏晓娟, 等. 基于热分析技术及综合评价的栀子炭炮制工艺研究[J]. *中草药*, 2019, 50(21): 5253-5259.

[8] 谈小飞, 石炎林, 杨启永, 等. 基于 AHP-CRITIC 复合熵权法和灰色关联度分析的生地黄炒炭工艺优选[J]. *亚太传统医药*, 2024, 20(5): 23-30.

[9] 李本淳, 王婧姝, 李 岩, 等. 甘草炭炮制工艺及质量标准研究[J]. *中国现代中药*, 2022, 24(3): 510-514.

[10] 夏满琼. 基于“红见黑则止”理论研究山楂炒炭止血物质基础的变化[D]. 成都: 西南交通大学, 2019.

[11] 贾舒杰, 李诗佳, 杨 柳, 等. 中药制炭工艺历史沿革及现代研究进展[J]. *西部中医药*, 2020, 33(7): 144-147.

[12] 孟则敬, 吕彤彤, 李媛媛, 等. 灯心草煨炭炮制工艺的优化[J]. *中成药*, 2021, 43(5): 1361-1365.

[13] 黄 坤, 张陈炎, 李胜蓉, 等. 巴豆制炭方技术的源流和创新[J]. *时珍国医国药*, 2005, 16(9): 878-879.

[14] 张志国, 杨 磊, 张 琴, 等. 中药传统砂炒的操作与注意事项及“能砂炒者不用清炒”的品种[J]. *中药材*, 2018, 41(3): 585-589.

[15] 王艾琳, 谢 瑜, 王 青, 等. 多指标综合评价结合层次分析法优化防风炭炮制工艺研究[J]. *中医药导报*, 2023, 29(5): 48-52.

[16] 李巨宝, 李荣辰, 史国富. 杜仲不同炮制方法的比较实验[J]. *中药材*, 1986, 9(5): 29; 49.

[17] 黄清杰, 徐志伟. 砂炒法的历史沿革与研究进展[J]. *甘肃医药*, 2020, 39(4): 301-303.

[18] 周海明. 中药炒炭止血机理的概述[J]. *海峡药学*, 2012, 24(11): 56-57.

[19] 程旭希, 周子云, 胡庆莲, 等. 基于止血药效的地榆炒炭工艺及质量标志物研究[J]. *中国中药杂志*, 2024, 49(10): 2710-2721.

[20] 朱诗塔, 雷 鹏, 李新中, 等. 掌叶大黄不同炮制品指纹图谱与其止血作用的灰关联度分析[J]. *中南药学*, 2009, 7(1): 55-58.

[21] 高思英, 陆兔林. 茜草炭炮制工艺实验分析[J]. *江苏药学与临床研究*, 1997, 5(1): 64-65.

[22] 许腊英, 潘 新, 许 康, 等. 乌梅炭中鞣质、有机酸与凝血作用的关系[J]. *中国医院药学杂志*, 2011, 31(7): 535-537.

[23] 陈佩东, 孔祥鹏, 李 芳, 等. 蒲黄炒炭前后化学组分的变化及谱效相关性研究[J]. *中药材*, 2012, 35(8): 1221-1224.

[24] 刘 洋, 张学兰, 李慧芬, 等. 荷叶不同饮片黄酮和生物碱类成分对兔体外凝血功能影响的比较[J]. *中成药*, 2014, 36(4): 842-845.

[25] 钟凌云, 郑 晗, 龚千锋, 等. 大蓟炭止血药效物质初步研究[J]. *中华中医药杂志*, 2011, 26(1): 147-149.

[26] Chen Y H, Chen Q W, Wang X Z, *et al.* Hemostatic action of lotus leaf charcoal is probably due to transformation of flavonol aglycons from flavonol glycosides in traditional Chinese medicine[J]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 249: 112364.

[27] 贺玉婷, 樊启猛, 石继连, 等. 中药炭药的临床应用及止血作用机制研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2021, 27(7): 201-208.

[28] 周逸群, 李 瑞, 贺玉婷, 等. 中药“炒炭存性”炮制共性技术的研究现状及超分子“印迹模板”表征技术的提出[J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(19): 4293-4299.

[29] 吕燕萍. 炭药止血作用机理研究——以大枣炭为例[D]. 咸阳: 陕西中医药大学, 2021.

[30] 张 丽, 宋 磊, 郭 戎, 等. 荆芥、荆芥穗及其炭制饮片吸附力的测定比较[J]. *江苏中医药*, 2007, 39(11): 73-75.

[31] 张 贺, 徐园园, 王明慧, 等. 中药炮制“炭药止血”理论的现代研究进展[J]. *世界科学技术 (中医药现代化)*, 2023, 25(4): 1502-1510.

[32] 张美龄. 荆芥炭止血物质基础及其作用机制的研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.

[33] Liang P, Bi T, Zhou Y N, *et al.* Carbonized platycladus orientalis derived carbon dots accelerate hemostasis through activation of platelets and coagulation pathways[J]. *Small*, 2023, 19(49): e2303498.

[34] 杨映映, 唐浚峰, 李青伟, 等. 炭类中药药理研究及临床应用[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2020, 22(10): 186-190.

[35] 李 炯, 张 丽, 丁安伟. 丹皮炭对大鼠血小板功能和纤溶活性的影响[J]. *中草药*, 2010, 41(2): 264-266.

[36] 陈 泣, 龚千锋. 大蓟炭的止血机制的初步研究[J]. *西北药学杂志*, 2013, 28(6): 602-604.

[37] 刘淑蕊, 梁慧超, 王颖芳, 等. 姜炭对虚寒性出血大鼠凝血时间、血液粘度、优球蛋白溶解时间的影响[J]. *时珍国医国药*, 2015, 26(5): 1041-1042.

[38] 薛 露, 刘 晨, 丁安伟, 等. 侧柏炭黄酮类成分群对干酵母致血热复合出血模型大鼠的止血作用研究[J]. *中国医院药学杂志*, 2016, 36(17): 1486-1491.

[39] Li S Q, Xue X Y, Yang X L, *et al.* A network pharmacology approach used to estimate the active ingredients of moutan cortex charcoal and the potential targets in hemorrhagic diseases[J]. *Biol Pharm Bull*, 2019, 42(3): 432-441.

[40] 田 瑞, 王峥涛, 谢 燕. 生物活性导向分离山楂炭中止血活性成分及其作用机制研究[J]. *中草药*, 2023, 54(3): 817-824.

[41] 陈志能, 黄立卉, 黄颖露, 等. 不同炒制程度陈皮炭止泻作用及对血清 5-HT 的影响[J]. *中国中医药现代远程教育*, 2023, 21(6): 167-170.

[42] 杨海玲, 陆丽前, 黄 冰. 广山楂不同炒炭程度对 3 种化学成分含量、色差值与止泻作用的影响[J]. *中国医院药学杂志*, 2023, 43(21): 2405-2410.

[43] 赵玉升, 李立杰, 李伟洋, 等. 基于纳米材料角度研究石榴皮炭止泻作用物质基础[J]. *中草药*, 2021, 52(5): 1335-1342.

[44] 李立杰. 石榴皮炭纳米类成分发现及其止泻作用研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021.

[45] Wu J S, Zhang M L, Cheng J J, et al. Effect of *Lonicerae japonicae* flos carbonisata-derived carbon dots on rat models of fever and hypothermia induced by lipopolysaccharide[J]. *Int J Nanomedicine*, 2020, 15: 4139-4149.

[46] 赵玉升. 苦杏仁炭治疗脂多糖致大鼠急性肺损伤的物质基础及其机制研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021.

[47] 石典花, 戴衍朋, 苏本正, 等. 侧柏叶“炒炭存性”科学内涵初探[J]. *中草药*, 2020, 51(23): 5963-5971.

[48] 张 霆, 戴锡孟, 黄文政. “血见黑则止”辨[J]. *福建中医药*, 2002, 33(4): 43.

[49] 薛贵仁. 基于代谢组学技术的干姜炮制前后特征成分差异性研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2022.

[50] 罗健顺, 王炳然, 席庆菊, 等. 基于 UPLC-Q-Exactive-Orbitrap-MS 分析马齿苋炒炭前后化学成分变化[J]. *中药材*, 2024, 47(3): 598-603.

[51] 孔祥鹏, 陈佩东, 张 丽, 等. 蒲黄与蒲黄炭对血瘀大鼠血液流变性及凝血时间的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2011, 17(6): 129-132.

[52] 周逸群, 吴 萍, 唐 宇, 等. 炒炭炮制对于姜质量控制、化学成分和药理作用的影响[J]. *数字中医药*, 2023, 6(3): 341-356.

[53] 朱志凯, 杨 洁, 朱玉泉. 中药“炒炭存性”研究进展[J]. *亚太传统医药*, 2016, 12(19): 76-77.

[54] 曹汉麦. 浅谈中药炒炭存性[J]. *时珍国医国药*, 1999, 10(5): 42.

[55] 姜秀清, 李 华. 炭类中药浅议[J]. *时珍国药研究*, 1996, 7(1): 48.

[56] 万 军, 周 霞, 吴纯洁, 等. 中药炒炭增强止血作用成分再探讨[J]. *时珍国医国药*, 2006, 17(6): 930-931.

[57] 邹 婷, 王 晶, 武 旭, 等. 基于颜色-成分关联探讨金银花“炒炭存性”的科学内涵[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(4): 175-182.

[58] 吕佳美, 李曦凝, 林 贺, 等. 艾叶炒炭存性的研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2018, 18(10): 4-5.

[59] 连晓晓, 胡昌江, 余凌英, 等. 藕节“炒炭存性”标准的研究[J]. *中成药*, 2010, 32(9): 1545-1548.

[60] 周 倩, 孙立立, 张 泰, 等. 中药制炭止血浅析[J]. *中成药*, 2009, 31(5): 779-781.

[61] 高明亮. 蒲黄炭质量评价与基于 VEGF 通路的化瘀止血机制研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2023.

[62] 陈 宁, 张 滢, 田 庚, 等. 2020 年版《中国药典》炭类中药质量标准分析[J]. *现代中医药*, 2024, 44(2): 87-92.

[63] 石典花, 戴衍朋, 宗珊珊, 等. 侧柏炭饮片质控标准提升研究[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(9): 4038-4042.

[64] 赵 鑫, 张丹捷, 杨 颖, 等. 荷叶炒炭存性工艺优选[J]. *湖北中医药大学学报*, 2019, 21(3): 45-50.

[65] 牛 艳, 许丽丽, 穆向荣, 等. 槐角炭质量标准提升研究[J]. *食品与药品*, 2023, 25(1): 25-30.

[66] 陈承武, 王天舒, 胡孔法, 等. 基于卷积神经网络与投票机制的蒲黄炮制品近红外判别方法[J]. *光谱学与光谱分析*, 2022, 42(11): 3361-3367.

[67] 徐茂玲, 孙 静, 杨 丽, 等. 三种快速检测大黄炭炮制程度的光谱技术的比较[J]. *中南药学*, 2022, 20(9): 2082-2088.

[68] 张一凡. 基于数字智能化快速检测技术的姜炭不同炮制程度的质量分析研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2022.

[69] 王 菊, 陆兔林, 毛春芹, 等. Cocktail 探针药物法评价生、醋莪术对 CYP450 酶亚型的影响[J]. *中国药理学通报*, 2012, 28(11): 1562-1565.

[70] Li W F, Jiang J G, Chen J. Chinese medicine and its modernization demands[J]. *Arch Med Res*, 2008, 39(2): 246-251.

[71] 刘玉峰, 许肇初, 马海燕. 基因芯片技术在中药现代化研究中的应用进展[J]. *辽宁大学学报 (自然科学版)*, 2021, 48(3): 254-262.

[72] 朱卫丰, 邓双雁, 欧阳 辉, 等. 中药多糖口服吸收及其标记技术研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2024, 30(12): 261-269.

[73] 周 瑞. 复方黄柏液及其成分黄连素抗糖尿病溃疡作用及分子机制研究[D]. 昆明: 云南中医药大学, 2020.

[74] 李 腾. 补阳还五汤通过 miR-760-3p/GPR17 促进脑出血后髓鞘修复[D]. 长沙: 中南大学, 2023.