

白术炮制历史沿革及现代质量控制研究

张晓淳¹, 秦宇雯¹, 寿海艳¹, 范欣荣², 赵 祺³, 薛 畅³, 姜程曦³, 程锦国^{4*}

1. 温州医科大学中医药学院, 浙江 温州 325035
2. 浙江中医药大学附属丽水中医院 药剂科, 浙江 丽水 323000
3. 温州医科大学药学院, 浙江 温州 325035
4. 温州医科大学附属第一医院, 浙江 温州 325000

摘要: 作为大宗常用中药材白术 *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* 药用历史久、应用广, 具有健脾益气、燥湿利水等作用。其炮制始于南北朝, 历经多代形成 10 余种炮制方法, 主要以切制、炒制为主, 其中生白术、麸炒白术沿用至今。当前白术药材质量检测依据主要为《中国药典》及地方标准, 通过多指标控制质量, 但是多以成分指标为主, 脱离临床, 且饮片标准与药材标准高度重合、缺乏饮片特色。通过综述本草古籍、炮制专著、历版《中国药典》、地方炮规及现代文献, 对白术的炮制历史沿革、质量控制标准、质量控制技术手段等进行梳理, 为白术质量控制标准的完善及优质优效白术的生产提供理论依据。

关键词: 白术; 炮制; 历史沿革; 质量标准; 质量控制技术

中图分类号: R283 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253 - 2670(2026)04 - 1538 - 08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.04.029

Historical development of processing methods and modern quality control research for *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma*

ZHANG Xiaochun¹, QIN Yuwen¹, SHOU Haiyan¹, FAN Xinrong², ZHAO Qi³, XUE Chang³, JIANG Chengxi³, CHENG Jinguo⁴

1. School of Traditional Chinese Medicine, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China
2. Department of Pharmacy, Lishui Hospital Affiliated to Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Lishui 323000, China
3. School of Pharmaceutical Sciences, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China
4. The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China

Abstract: As a commonly used bulk Chinese medicinal herb, Baizhu (*Atractylodis Macrocephalae Rhizoma*) has a long history of medicinal use and wide application, possessing effects such as strengthening the spleen and boosting qi, drying dampness, and promoting diuresis. Its processing began during the Northern and Southern Dynasties, evolving over generations into more than ten methods primarily involving slicing and stir-frying. Among these, *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* and stir-frying *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* with honey bran remain in use today. Current quality control for *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* primarily relies on pharmacopoeia and local standards, employing multi-indicator monitoring. However, these standards predominantly focus on chemical constituents, often detaching from clinical practice. Furthermore, standards for processed slices highly overlap with raw material standards, lacking distinct characteristics for processed forms. This review synthesizes ancient herbal texts, processing treatises, successive editions of pharmacopoeias, regional processing regulations, and modern literature to trace the historical evolution of *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* processing, quality control standards and technical methodologies of *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma*. It aims to provide theoretical foundations for refining *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* quality standards and advancing the production of high-quality, efficacious *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma*.

Key words: *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma*; concoctions; historical development; quality standards; quality control techniques

收稿日期: 2025-08-29

基金项目: 温州市重大科技项目攻关“揭榜挂帅”项目 (ZN2023004); 温州医科大学人才科研启动项目 (QTJ23033)

作者简介: 张晓淳, 硕士研究生, 研究方向中药炮制及中药质量评价。E-mail: zxc1730430607zxc@163.com

*通信作者: 程锦国, 主任中医师, 从事中医药防治肾脏病研究。E-mail: wzchengjinguo@126.com

白术作为我国大宗常用中药材之一,其应用历史悠久,早在《神农本草经》中便有对于“术”(指“苍术”和“白术”)的介绍,后《伤寒论》中开始有了“白术”之称^[1]。白术为菊科植物白术 *Atractylodes macrocephala* Koidz.的干燥根茎,气清香,味甘、微辛,嚼之略带黏性。具有燥湿利水、健脾益气、止汗、安胎的功效,临床上常用于痰饮眩悸、脾虚食少、腹胀泄泻、水肿、自汗、胎动不安等症^[2]。现代研究表明,白术具有抗肿瘤、抗炎、调节胃肠道等药理作用,其有效成分为内酯类、多糖类及氨基酸类等化学成分,其中苍术酮、白术内酯类成分是白术质量控制中最常见的检测指标^[3]。

在临床应用中,常需对白术进行炒制等,以改变药效方向或缓和燥性,扩大适应证;如《本草求真》中便记载“米泔浸,借谷气和脾;麸皮拌炒用,借麸入中”,借用辅料的性味调控白术药效^[4]。现代临床用药以白术及麸炒白术为主,经统计表明,生白术侧重于治疗气虚痰淤及脾虚湿阻,而麸炒白术则以治疗肝郁脾虚为主^[5]。炮制规范中收录了土炒白术、焦白术等。目前,白术及其炮制品的研究主要集中在道地性^[6-7]、炮制工艺^[8-10]、化学成分^[11-12]、药理药效^[13-15]、质量控制标准^[16-18]等。但是白术炮制工艺不规范,质量控制标准不统一,具有饮片特色的质量控制标准缺少,现有的质量控制指标与药效关联较弱。基于此,本文通过查阅、整理相关本草古籍、炮制专著、历版《中国药典》等文献,梳理白术的炮制历史沿革、质量控制标准,总结近年来白术的质量控制技术的研究进展,为保障白术及其炮制品的优质优效、促进白术质量控制标准完善提供理论基础。

1 白术炮制历史沿革

1.1 开端时期

南北朝时期之前,《神农本草经》^[19]中记载:“主风寒湿痹死肌,痃疽,止汗,除热,消食,作煎饵”,“煎饵”即将白术加水烧干水分,做成饼状。后世的本草专著也同样记载了“作煎饵”的炮制方法。除了“作煎饵”外,《华佗神方》^[20]记载了白术的“炒”“醋炒”等制法。《千金翼方》^[21]中新增“熬”的制法,将白术“熬令色变”再加入复方中使用,同时还记载了“炙”的制法。综上,唐代以前,对白术的炮制方法描述较少,主要有作煎饵、炒、醋炒、熬、炙。

1.2 攀峰时期

宋朝开始,白术的炮制方法逐渐增多,在《太

平圣惠方》^[22]中记载“汤浸去白”后的白术入药,将白术与生姜“同捣令烂后慢火炒令黄色”,及“挫”等炮制方法。《博济方》^[23]中新增“麸炒”和“米泔浸一宿”后,再“切”“炒”等方法。《太平惠民和剂局方》^[24]新增白术的“焙制”。

元、明时期,白术炮制辅料更加丰富,除了常见的“麸皮”“灶心土”外,还新增了“酥油”“蜜水”“乳汁”等。《本草蒙筌》^[25]中记载:“咀后人乳汁润之,制其性也;润过陈壁土和炒,窃彼气焉。”借助不同的辅料改变白术的药性,治疗不同的病症。

清朝时期,白术的炮制发展达到了巅峰,集结了各朝代优秀的炮制方法,进入繁盛时期。《本经逢原》^[26]中记载“入肺胃久嗽药,蜜水拌蒸;入脾胃痰湿药,姜汁拌晒;入健脾药,土炒;入泻痢虚脱药,炒存性用”描述了不同辅料炮制后的白术主要疗效,证明当时对炮制后的白术研究更为深入,可根据入药需求制备不同白术饮片。《本草纲目拾遗》^[27]中“四制仙术散”便是“于术四两,分四制,一两黄芪煎汁炒,一两牡蛎粉炒,一两麸皮汤炒,一两石斛汤炒,只取术为末,服三钱,粟米汤下”,将4种不同制法的白术合用,用于治疗盗汗不止等。

综上,白术炮制是一个不断演变丰富的过程,从最开始南北朝记载“作煎饵”,到后代不断增加“炒”“煮”“蒸”等炮制手法;再从一开始的辅料为“麦麸”“陈壁土”到后续增加“米泔水”“姜汁”等。白术的炮制技术不断更新、不断进步,直至明清时期,白术的炮制历史发展到巅峰时期,医学家归纳总结各朝代优秀炮制手法,汇集成清代较为全面的白术炮制方法体系。

1.3 传承时期

1.3.1 《中国药典》记载 白术及其炮制品(炒白术、焦白术、土炒白术)首载于《中国药典》1963年版^[28]。《中国药典》1977年版^[29]将焦白术及土炒白术删去。《中国药典》1985年版^[30]中将炒白术替换为土白术。《中国药典》1990~2005年版^[31-32],在简化原有白术、土白术炮制方法步骤的基础上,增加了炒白术,并将其中所用的麸皮换成了蜜炙麸皮。《中国药典》2010年版^[33]至今,将土白术删去,收录了白术及麸炒白术的具体制法。图1中展示历版《中国药典》中白术及其炮制品收录情况。

1.3.2 地方炮制标准 焦白术、麸炒白术、蜜麸炒白术及土炒白术作为现代主流白术饮片,其炮制方

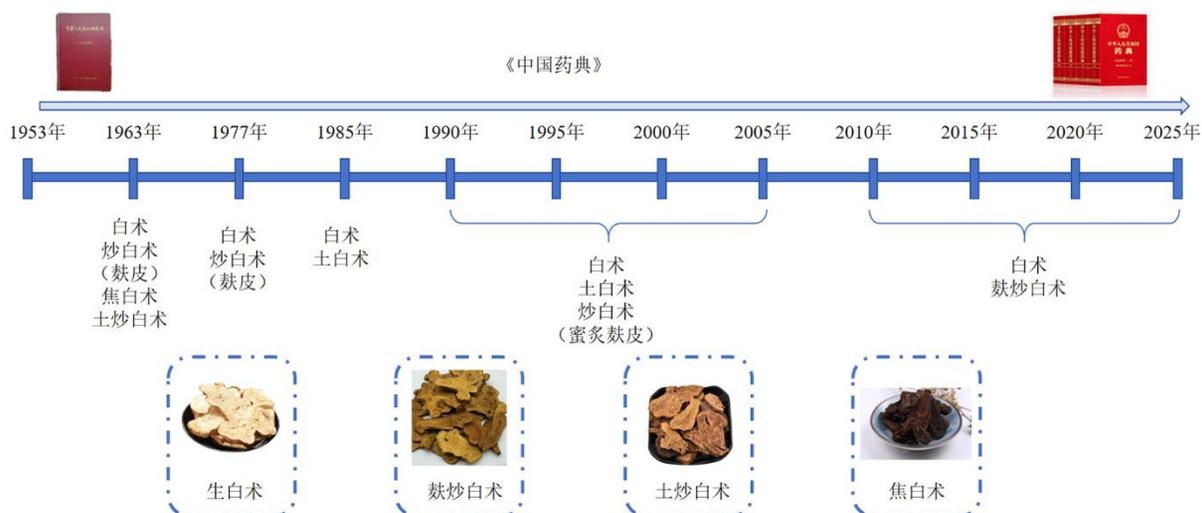


图1 历版《中国药典》白术及其炮制品收录情况

Fig. 1 Inclusion of *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* and its artifacts in previous editions of *Chinese Pharmacopoeia*

法在各地区炮制规范中操作步骤基本一致(图2),如麸炒白术的炮制步骤为“取麸皮,撒入热锅内,用中火加热,俟冒烟时,倒入白术片,拌炒至表面深黄色,有香气逸出时,取出,筛去麸皮,放凉”^[34]。但不同地区的具体操作中也存在细微差别,如《江苏省中药饮片炮制规范》2020年版^[35]和《浙江省中药炮制规范》2015年版^[36]对于土炒白术的炮制终点描述不一致。

目前,部分地区炮制规范最新版本中删去了白术的具体炮制工艺记载,这与地域差异相关,但浙江、湖南等白术主要种植产区所规定的具体炮制步骤较为详尽、炮制方法丰富且版本较新,可作为主要参考依据。

1.3.3 现代工艺优化研究 炒制时间与火候是清炒白术的关键控制参数,如炒白术、焦白术和白术炭3种炮制品的化学成分、药理药效和临床应用均具有差异。据研究表明,“文火”炒制白术所含白术多糖类成分含量优于“中火”和“武火”炒制白术,但是火候对白术内酯类成分含量无明显影响,因此当所需有效成分为多糖类成分时,需将火候控制为文火,把握炮制温度^[37]。

白术通常加入辅料共同炒制,其中应用较多的为麦麸,特别是蜜炙麦麸,麸炒可以增加药材健脾和胃的功效。朱慧萍等^[38]以白术内酯 I~III、苍术素及浸出物得率为指标,采用正交试验与多指标综合加权评分法,确定蜜麸炒白术最佳炮制工艺为270℃炒21min、加10%蜜麸皮,该工艺可保障炮制品质量。

土炒白术通常使用灶心土(即伏龙肝)作为辅料制成,借助土气来增强白术的健脾的功效。现代对土炒白术炮制工艺进行了优化,以黄土用量、干燥温度、炮制时间及炮制温度为考察因素,运用正交试验优选出最佳炮制工艺,即先将干燥白术进行浸润,取出后闷润软化至药透水尽,按照药材-黄土100:20的比例加入鲜黄土,拌匀后于烘箱中烘干,置铁锅内,用120~130℃加热翻炒8min,此工艺较为稳定、可靠^[39]。

白术的加工炮制方法在历史沿革中不断丰富,理论体系也日趋完善(图3)。《中国药典》2025年版虽精简白术相关炮制品种,但这并非对其他炮制方法的摒弃。因此,需立足中药炮制的传承与创新,深入挖掘和整理具有特色的炮制技术及品种,在阐明其内在科学原理的基础上,建立技术规范与质量评价标准,以更好地满足临床需求。

2 现代质量控制研究

2.1 质量控制研究现状

目前,白术现有国内标准不能高效地评价控制其质量,如《中国药典》2025年版^[40]白术的质量控制标准仅包括性状、显微、薄层、水分、总灰分、二氧化硫残留量、色度、浸出物等测定,无含量测定项。在各地方标准中,白术的质量控制标准基本与《中国药典》一致,但《浙江省中药炮制规范》2015年版中增加了挥发油的含量测定。

其中性状方面主要是对烘干后白术饮片及炮制后的白术饮片的质地、颜色、气味等进行描述;白术饮片的显微鉴别可从根茎横切面及粉末2部分

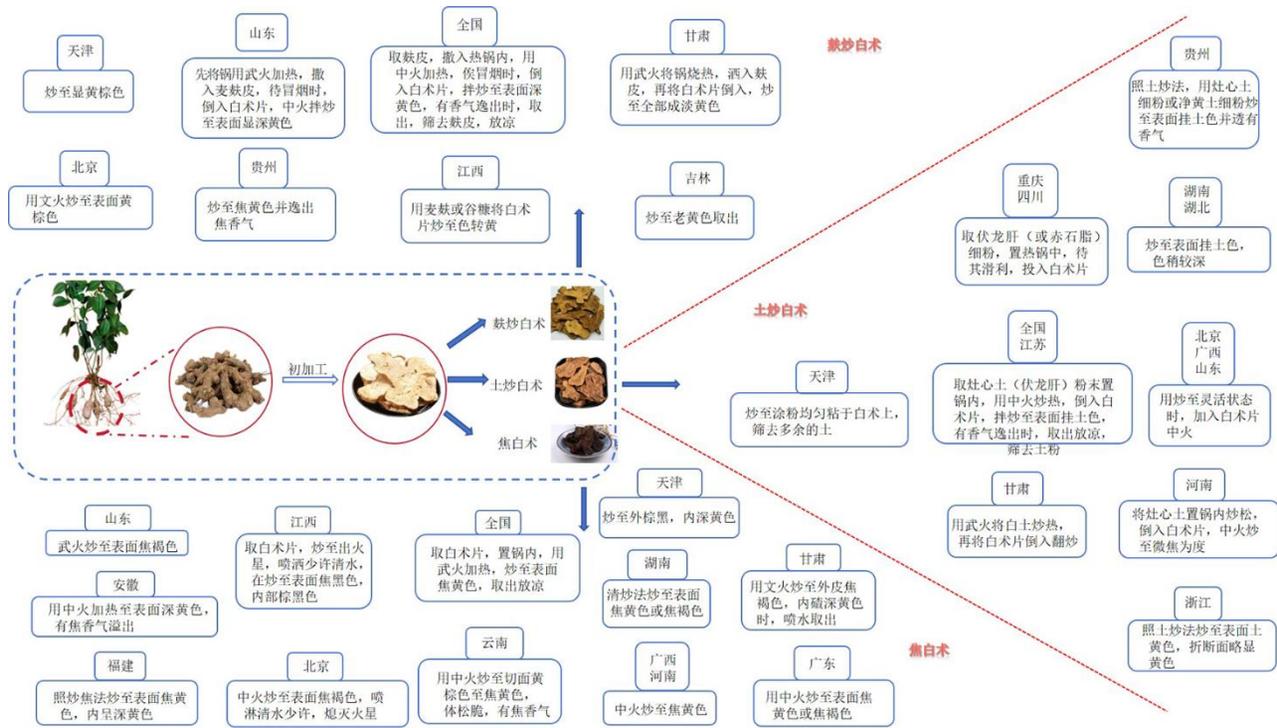


图2 各地方白术炮制标准收载

Fig. 2 Records of processing standards of *Atractylodes Macrocephalae Rhizoma* in different places

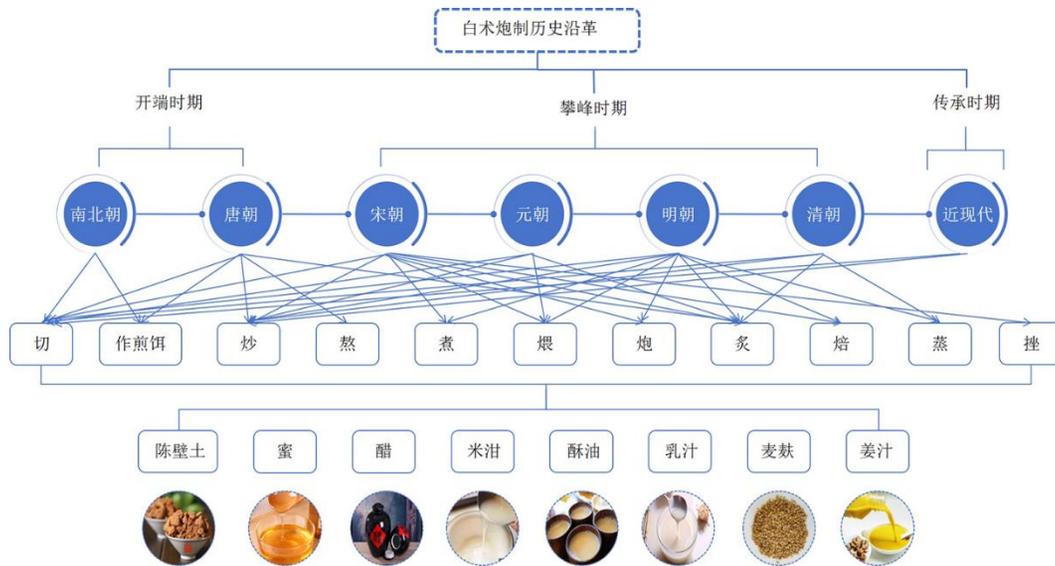


图3 白术炮制历史沿革

Fig. 3 History of *Atractylodes Macrocephalae Rhizoma* processing

对其进行显微观察，观察其中所含有的石细胞、菊糖、草酸钙结晶等显微结构，建立质量控制标准；薄层鉴别主要依靠白术内酯 I~III 作为对照品进行检验^[41]；水分、总灰分、二氧化硫残留量、色度、浸出物测定主要依据《中国药典》中所收载的相应测定方法对白术进行测定；含量测定则通过高效液相色谱

法 (high performance liquid chromatography, HPLC)，以白术内酯 I~III 为指标，制定白术专属指纹图谱，同时测定 3 种成分的含量，制定相应质量控制标准。除以上常规质量控制标准外，有些研究还会对白术的酸不溶性灰分、农药残留量等进行测定，保证白术饮片的质量均一性和用药安全性。综上，当前白术质

量检测体系的构建与实施,主要以《中国药典》2025年版规定的相关技术参数为核心依据,检测指标的设定与评价标准多聚焦于药材的基础理化属性与成分含量,缺少白术药效指标,未能将核心功效的活性成分或作用机制纳入质量评价范畴,不利于白术药材质量与临床疗效的精准对接。

2.2 现代前沿检测技术在白术质量控制中的应用

2.2.1 性状电子感官技术

谢宗万^[42]提出“辨状论质”的理论,将中药的“形、色、气、味”与其质量优劣联系起来,是一种不可缺失的中药质量评价方法。随着现代技术的发展,性状电子感官技术逐渐用于中医药行业,将其性状与化学成分关联,从而形成快速识别药材品质优劣的方法。梅桂林等^[43]运用电子鼻技术关联白术气味与内酯类成分,通过

传感器信号值判断白术内酯 I、II 成分含量,从而为鉴别白术质量提供更为快速的方法;同时运用电子鼻和电子舌技术将白术饮片进行质量等级划分^[44],为白术质量评价标准与现代技术结合提供部分依据。李雪莲^[45]以 L^* 、 a^* 、 b^* 值为颜色表征指标,结合二维在线红外成像仪,研究白术麸炒时颜色与物质基础的变化关系,分析外观颜色与内部成分变化的相关性。综上,通过电子感官技术可快速捕捉白术的外观性状特征,同时依托精密仪器对其关键活性成分进行定量与定性分析,实现了宏观性状与微观成分的协同关联,进而实现白术品质优劣评价高效化、精准化、直观化,降低主观判断误差,为现代白术质量控制体系智能化建设提供更为全面的数据参考(图4)。



图4 现代前沿检测技术在中药质量控制中的应用

Fig. 4 Application of modern frontier detection techniques in quality control of traditional Chinese medicine

2.2.2 光谱技术

当前,以近红外光谱为代表的的光谱技术在中药质量评价中的应用逐渐增多。近红外光谱技术具有操作简单、分析时间短、成本低的特点,在中药质量检测和质量控制上的应用具有很大潜力,可用于进行真伪鉴别、种类鉴别、含量测定等。近红外光谱可以与电子感官技术相结合,评价白术品质的一致性^[46]。李智勇等^[47]利用声光可调滤光器-近红外技术建立了麸炒白术水分和浸出物的近红外定量检测模型,并验证其预测水分及浸出物的准确度及精度较高,可满足现场快速检测需求。卢泳等^[48]运用近红外光谱技术结合偏最小二乘法

鉴定了麸炒白术中白术内酯 I~III 的定量校正模型,实现了3种成分的快速检测,为更好地控制麸炒白术质量奠定了基础。宋佳航等^[49]则将近红外漫反射光谱运用到不同产地的白术鉴定试验上,应用近红外漫反射的聚类分析法建立白术药材产地定性分析模型,可以准确、快速地鉴别出不同产地的白术。综上,在白术质量控制领域,光谱技术可以实现对关键活性成分及水分、浸出物等基础指标的无损检测,做到多成分同步分析,具有快速筛选、操作便利的优势;凭借独特的光谱指纹,实现样品精准鉴别,推动构建标准化、智能化的白术质量评

价体系。

2.2.3 色谱技术 随着现代仪器分析的发展, 色谱技术在质量控制方面得到了充分的利用^[50]。HPLC 法在中药质量控制的过程中具有灵敏度高、操作简便、分离度佳、结果准确等特点, 可用于成分多、成分复杂的中药检测当中, 是完成中药质量控制的关键一步。李春沁等^[51]运用 HPLC-二极管阵列检测器多波长切换法建立了白术的指纹图谱, 并对其进行相关化学计量学研究, 对其主要化学成分白术内酯类成分及苍术酮进行含量测定, 为白术质量控制提供参考依据。丁逸雪等^[52]利用 HPLC 对不同地区的白术所含有的 4 种倍半萜 (即白术内酯 I~III 及苍术酮) 进行含量测定, 发现不同产区白术所含的有效成分含量存在差异, 为白术的质量控制提供参考。杜晓蕾等^[53]建立麸炒前后白术的 HPLC 指纹图谱, 系统分析了白术在麸炒前后其有效成分的变化规律, 为规范麸炒白术质量控制提供更为准确的参考依据。

除了 HPLC 技术, 超高效液相色谱 (ultra performance liquid chromatography, UPLC) 同样在中药的质量控制中起到关键作用。林爽等^[54]基于化学计量学结合 UPLC 对白术进行质量评价, 不仅建立了白术专属 UPLC 指纹图谱, 同时在指纹图谱的基础上建立了新绿原酸、白术内酯等有效成分的含量检测方法, 为白术质量控制提供依据。姚兆敏等^[55]采用 UPLC 开展不同产地白术的质量评价研究, 通过构建白术特征指纹图谱并结合指标性成分含量测定, 对 25 个产区的样品进行系统对比分析, 证实不同产地白术的品质存在显著差异, 为完善白术的质量控制标准提供了实验依据。

综上, 色谱技术是白术质量控制体系中实现化学成分定性鉴别与定量分析的核心支撑技术, 该技术凭借高准确性、强分离能力、高实用性等优势, 为白术质量分级、真伪鉴别提供统一、权威的技术依据, 推动质量评价标准化。然而, 白术质量评价体系中现有检测指标主要以白术内酯类成分及苍术酮为主, 检测指标较为单一, 因此, 后续研究需进一步挖掘并分析更多能表征白术质量优劣的代表性化学成分, 以完善检测指标体系, 提升白术质量评价的科学性与全面性。

2.2.4 色谱-质谱联用技术 色谱-质谱联用技术在中药质量控制领域也具有较为广泛的应用, 在白术的质量控制方面, 普遍应用 UPLC 与质谱相结合,

分析白术各化学成分的变化, 以此达到为白术质量控制提供依据的目的^[56-58]。如杨亮等^[59]利用 UPLC-四级杆飞行时间串联质谱对河北、安徽、浙江 3 个产区白术进行成分差异性分析, 以此作为判断区分不同地区白术的依据。李亚飞等^[60]利用此方法对麸炒白术前后化学成分进行对比研究, 筛选出麸炒前后差异性成分, 利用差异性规范麸炒白术质量控制标准。吴晓莹等^[61]利用液质联用技术分析不同白术炮制品之间化学成分的差异性, 得到白术内酯 I~III 等 20 多种差异性成分, 为控制不同白术炮制品质量提供部分依据。

除了液质联用技术, 气质联用法也同样广泛用于白术的质量控制中。梁田儿等^[62]利用气质联用技术测定了白术挥发油类化学成分, 共检测出苍术酮、 β -桉油醇等 37 个化合物, 占挥发油总量的 94.79%。易紫容等^[63]利用顶空固相微萃取-气质联用法对白术不同部位 (包括白术主根、须根、茎和叶 4 个部位) 挥发油进行定性定量测定, 得到不同部位所含挥发油类成分的差异性, 为利用挥发性成分完善白术质量控制提供部分参考依据。

综上, 相较于单一色谱检测技术, 色谱-质谱联用技术可以通过质谱提供的“分子指纹”直接确认目标成分的化学结构, 识别白术中未知的微量活性成分或有害残留物, 提高定性结果的可靠性; 精准捕捉白术炮制、储存过程中微量成分的变化, 同时满足高含量成分与痕量成分的同时定量需求, 从而分析白术不同产地的成分差异、炮制过程中成分的转化规律, 为挖掘新的质量标志物、完善质量评价体系提供科学依据。

3 结语与展望

白术炮制技术历史悠久, 从最开始的“作煎饵”到后续增加的熬、炒、蒸、煮、煨、炮、炙、焙等炮制方法, 炮制加入辅料也逐渐丰富, 如麦麸、陈壁土、米泔水等, 借助辅料的某种药性与白术共同炮制从而达到增强药效或改变药效侧重或缓和燥性目的。现代炮制工艺取其精华, 保留了应用最为广泛、经验最为丰富的炮制手法, 为白术的应用提供方便。现今市面上主要使用生白术及麸炒白术较多, 同时《中国药典》也着重强调生白术及麸炒白术的质量检测标准。

目前, 有学者通过性状、显微、薄层、水分、总灰分、二氧化硫残留量、色度、浸出物等指标, 对白术的炮制工艺及质量标准进行研究, 优选出最

佳炮制工艺；运用现代前沿检测技术，比较白术炮制前后化学成分和药理药效的差异，筛选出炮制前后的差异性成分及证实炮制前后功效上的差异，以此对比白术不同炮制品之间差异，建立白术不同炮制品标准化操作工艺，应用技术各有利弊，可根据所研究白术具体研究目的进行相应选择，可联合应用，建立更为全面的检测体系。

但现今仍缺少整合“外观性状-化学成分-生物活性”的综合性质量控制体系。后期可采用智能感官技术，数字化白术的外观特征（气、味、色、质）；引入光谱技术，快速无损检测白术的化学成分；引入生物效应评价技术，明确其活性成分及量效关系；结合机器学习算法等人工智能，分析数据中的模式和规律，构建快速、精准的“外观性状-化学成分-生物活性”质量控制新模型，为白术质量标准的完善提供新思路。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zhu B, Zhang Q L, Hua J W, *et al.* The traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Atractylodes macrocephala* Koidz.: A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 226: 143-167.
- [2] 王天, 胡佳丽, 杨舟, 等. 白术的化学成分及药理作用研究进展 [J]. *环球中医药*, 2025, 18(11): 2456-2466.
- [3] 杨田义, 孙乐. 白术炮制规格及其化学成分与药理作用研究进展 [J]. *中国实用医药*, 2024, 19(13): 174-177.
- [4] 黄宫绣. 本草求真 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2015: 9.
- [5] 车锦祥, 马海璇, 曾海成, 等. 基于数据挖掘分析麸炒白术、土白术和白术用药规律 [J]. *今日药学*, 2024, 34(12): 916-922.
- [6] 余欢欢, 张国亮, 史月姣, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 和多元统计分析的白术道地性研究 [J]. *中国现代应用药学*, 2023, 40(4): 471-476.
- [7] Hai C Y, Yang X L, Fu H Y, *et al.* Determination of geographical origin for *Atractylodes macrocephala* Koidz. by stable isotope and multielement analyses combined with chemometrics [J]. *J Food Sci*, 2023, 88(5): 1939-1953.
- [8] 袁楚, 刘想, 高如汐, 等. 基于多指标-响应面法优化土炒白术的炮制工艺 [J]. *中国现代应用药学*, 2024, 41(14): 1956-1964.
- [9] Gu S H, Li L, Huang H, *et al.* Antitumor, antiviral, and anti-inflammatory efficacy of essential oils from *Atractylodes macrocephala* Koidz. produced with different processing methods [J]. *Molecules*, 2019, 24(16): 2956.
- [10] Zhai C M, Zhao J P, Chittiboyina A G, *et al.* Newly generated atractylon derivatives in processed rhizomes of *Atractylodes macrocephala* Koidz. [J]. *Molecules*, 2020, 25(24): 5904.
- [11] 尹露莹, 司金光, 张海新, 等. 白术化学成分及抗炎活性研究 [J]. *中草药*, 2025, 56(2): 408-420.
- [12] Hao Y W, Zhang X, Lin X, *et al.* The traditional Chinese medicine processing change chemical composition and pharmacological effectiveness: Taking *Atractylodes macrocephala* Koidz. and honey bran-fried *Atractylodes macrocephala* Koidz. as examples [J]. *Phytomedicine*, 2024, 130: 155739.
- [13] 赵薇, 郝彦伟, 张怡, 等. 白术及其复方治疗炎症性肠病的研究进展 [J]. *中草药*, 2024, 55(23): 8278-8289.
- [14] Chen J Y, Yang S Z, Luo H X, *et al.* Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz. alleviates NAFLD-induced hepatic inflammation in mice by modulating the TLR4/MyD88/NF- κ B pathway [J]. *Int Immunopharmacol*, 2024, 141: 113014.
- [15] Fan M, Gu X F, Zhang W L, *et al.* Atractylenolide I ameliorates cancer cachexia through inhibiting biogenesis of IL-6 and tumour-derived extracellular vesicles [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(6): 2724-2739.
- [16] 张哲雯, 杨柳, 王玉, 等. 基于近红外光谱的麸炒白术炮制全过程质量评价研究 [J]. *中草药*, 2025, 56(10): 3449-3459.
- [17] Ma Z C, Liu G Q, Yang Z J, *et al.* Species differentiation and quality evaluation for *Atractylodes Medicinal* plants by GC/MS coupled with chemometric analysis [J]. *Chem Biodivers*, 2023, 20(8): e202300793.
- [18] Zheng C, Li W T, Yao Y, *et al.* Quality evaluation of *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* based on combinative method of HPLC fingerprint, quantitative analysis of multi-components and chemical pattern recognition analysis [J]. *Molecules*, 2021, 26(23): 7124.
- [19] 王德群. 神农本草经 [M]. 影印本. 北京: 人民卫生出版社, 2023: 29.
- [20] 华佗. 华佗神方 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 2001.
- [21] 孙思邈. 千金翼方 [M]. 上海: 第二军医大学出版社, 2008: 110.
- [22] 王怀隐. 太平圣惠方: 校点本 [M]. 郑金生, 汪惟刚, 董志珍校点. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
- [23] 王袞. 博济方 [M]. 丁侃校注. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 28.
- [24] 太医局. 太平惠民和剂局方 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2020: 5.
- [25] 陈嘉谟. 本草蒙筌 [M]. 王淑民等点校. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 31.
- [26] 张璐. 本经逢原 [M]. 顾漫, 杨亦周校注. 北京: 中国医药科技出版社, 2011: 35.
- [27] 赵学敏. 本草纲目拾遗 [M]. 刘从明校注. 北京: 中医

- 古籍出版社, 2017: 73.
- [28] 中国药典 [S]. 一部. 1964: 79.
- [29] 中国药典 [S]. 一部. 1978: 167.
- [30] 中国药典 [S]. 一部. 1985: 81.
- [31] 中国药典 [S]. 一部. 1990: 84.
- [32] 中国药典 [S]. 一部. 2005: 68.
- [33] 中国药典 [S]. 一部. 2010: 95.
- [34] 全国中药炮制规范 [S]. 1988: 33.
- [35] 江苏省中药饮片炮制规范 [S]. 2020.
- [36] 浙江省中药炮制规范-2015年版 [S]. 2016.
- [37] 燕娜娜, 李丹, 魏敏, 等. 不同火力炒制对白术成分含量的影响 [J]. 中药材, 2020, 43(2): 323-327.
- [38] 朱慧萍, 曹岗. 多指标综合评价蜜麸炒白术的炮制工艺 [J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(6): 2160-2163.
- [39] 张敏, 李玮, 杜洪志, 等. 土炒白术饮片炮制工艺优化 [J]. 世界最新医学信息文摘: 连续型电子期刊, 2019, 19(98): 285-286.
- [40] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 110.
- [41] Zhan C J, Wang H, Wang Y. Quality evaluation of *Atractylodis Macrocephalae Rhizoma* through fingerprint qualitative analysis and quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2022, 219: 114899.
- [42] 谢宗万. 中药品种传统经验鉴别“辨状论质”论 [J]. 时珍国药研究, 1994, 5(3): 19-21.
- [43] 梅桂林, 陈娜, 姚洁, 等. 基于电子鼻技术的白术气味与内酯类成分的相关性研究 [J]. 皖西学院学报, 2020, 36(5): 81-85.
- [44] 梅桂林, 陈娜, 姚洁, 等. 基于电子鼻、电子舌技术的白术药材等级鉴别研究 [J]. 广州化工, 2020, 48(21): 76-78.
- [45] 李雪莲. 白术麸炒过程中颜色与物质基础变化相关性研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2015.
- [46] 韩燕雨, 吴志生, 戴平, 等. 多源信息融合的中药制造白术饮片多维质量属性一致性的诊断策略 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(9): 2434-2440.
- [47] 李智勇, 王洛临, 卢泳, 等. 麸炒白术水分和浸出物含量近红外检测模型建立 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2020, 22(2): 22-25.
- [48] 卢泳, 王洛临, 张建军, 等. 麸炒白术中白术内酯 I、II、III 含量近红外快速分析方法的建立 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(9): 5599-5605.
- [49] 宋佳航, 李斌, 田炎成, 等. 近红外漫反射光谱法用于不同产地白术的鉴别 [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(6): 1370-1372.
- [50] Long X M, Li R, Liu H P, *et al.* Chemical fingerprint analysis and quality assessment of Tibetan medicine *Triphala* from different origins by high-performance liquid chromatography [J]. *Phytochem Anal*, 2023, 34(4): 476-486.
- [51] 李春沁, 凌海燕, 开拓, 等. 白术高效液相色谱指纹图谱及多指标成分含量测定研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2024, 35(3): 419-426.
- [52] 丁逸雪, 徐继校, 吴威, 等. HPLC 法同时测定白术中 4 种倍半萜 [J]. 中成药, 2020, 42(4): 927-931.
- [53] 杜晓蕾, 崔伟亮, 朱日然, 等. 指纹图谱结合化学计量学研究白术麸炒前后成分变化情况 [J]. 中药材, 2022, 45(10): 2358-2362.
- [54] 林爽, 王杰, 高珊珊, 等. 基于化学计量学结合 UPLC 评价白术药材质量 [J]. 现代中药研究与实践, 2022, 36(5): 54-59.
- [55] 姚兆敏, 汪电雷, 彭华胜, 等. 白术 UPLC 指纹图谱模式识别及含量测定研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2018, 29(5): 622-629.
- [56] Gao Y N, Li M, Jiang X, *et al.* Ultra high-performance liquid chromatography-mass spectrometry and self-established database analysis of Chinese herbal medicine components [J]. *J Vis Exp*, 2023(201): e66091.
- [57] Seo C S, Shin H K. Simultaneous analysis for quality control of traditional herbal medicine, gunggha-Tang, using liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Molecules*, 2022, 27(4): 1223.
- [58] Tong G Y, Wu H L, Wang T, *et al.* Analysis of active compounds and geographical origin discrimination of *Atractylodes macrocephala* Koidz. by using high performance liquid chromatography-diode array detection fingerprints combined with chemometrics [J]. *J Chromatogr A*, 2022, 1674: 463121.
- [59] 杨亮, 于洋, 康舒宇, 等. 基于 UPLC-MSE 的白术化学成分分析及产地差异研究 [J]. 中草药, 2024, 55(4): 1344-1353.
- [60] 李亚飞, 汤璐璐, 唐瑞, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 法分析麸炒白术炮制前后差异性化学成分 [J]. 中成药, 2023, 45(8): 2774-2781.
- [61] 吴晓莹, 张安然, 杨丹阳, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 分析白术及其不同炮制品化学成分及其差异 [J]. 时珍国医国药, 2023, 34(10): 2395-2403.
- [62] 梁田儿, 陈晓庆, 梁文能. 白术挥发油成分的 GC-MS 分析研究 [J]. 辽宁中医杂志, 2023, 50(4): 151-154.
- [63] 易紫容, 张睿胤, 王佳玲, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定白术不同部位挥发性成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(10): 1690-1698.

[责任编辑 赵慧亮]