DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.11.027

白术炮制历史沿革及现代研究进展

李雅[1],朱恩琳[2],李雪仪[1],刘爽[1],秦安琪[1],李彪[3],范灏奎[3],曾元宁[1],王秋红[1,3]
(1.广东药科大学中药学院,广东 广州 510006;2.广州中医药大学针灸康复临床医学院,广东 广州 510006;
3.黑龙江中医药大学教育部北药基础与应用研究重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:通过查阅相关古籍和现代文献记载,对白术的历史炮制沿革,现代白术炮制工艺、炮制后化学成分变化和药理作用进行整理汇总,可为白术炮制品的规范发展提供依据。通过古籍记载,白术的炮制方法有净制、切制、炒制、去油、辅料炙、炮、煨等,炒制记载最多且分类详细,沿用至今的有炒制法、蜜制法等炮制品。其中,炒白术在临床上应用最为广泛。目前文献记载白术炮制后发生变化的化学成分有多糖、内酯类、挥发油等,白术炮制品的药理作用有调节胃肠运动、免疫调节、抗肿瘤、抗炎、调节糖脂代谢、保肝等,但炮制药理研究中缺乏含量变化与药理作用的相关性研究。以后研究可基于白术炮制工艺与成分含量改变机理的分析,进一步探讨成分变化与药理作用之间的关系,剖析白术炮制的成分变化的分子机制,以期为白术炮制饮片的准则和药理应用奠定根基。

关键词:白术;炮制;成分变化;药理
中图分类号:R283;R285.6 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2025)11-0135-06

Historical Evolution and Modern Research Progress of Processing of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz)

LI Ya[1],ZHU Enlin[2],LI Xueyi[1],LIU Shuang[1],QIN Anqi[1],LI Biao[3],FAN Haokui[3],ZENG Yuanning[1],WANG Qiuhong[1,3]

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1707100);国家自然科学基金面上项目(8177141630);国家"重大新药创制"科技重大专项(2018ZX09731-001)
作者简介:李雅(2000-),女,河南南阳人,硕士在读,研究方向:中药炮制。
通讯作者:王秋红(1969-),女,黑龙江哈尔滨人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药炮制。E-mail:qhwang668@sina.com。

[48] SERVETAS S L,CARPENTER B M,HALEY K P,et al. Characterization of key Helicobacter pylori regulators identifies a role for ArsRS in biofilm formation[J]. J Bacteriol,2016,198(18):2536-2548.
[49] SERVETAS S L,DOSTER R S,KIM A,et al. ArsRS-dependent regulation of homB contributes to Helicobacter pylori biofilm formation[J]. Front Microbiol,2018,9:1497.
[50] CHU Y T,WANG Y H,WU J J,et al. Invasion and multiplication of Helicobacter pylori in gastric epithelial cells and implications for antibiotic resistance[J]. Infect Immun,2010,78(10):4157-4165.
[51] OZBEK A,OZBEK E,DURSUN H,et al. Can Helicobacter pylori invade human gastric mucosa?:an in vivo study using electron microscopy,immunohistochemical methods,and real-time polymerase chain reaction[J]. J Clin Gastroenterol,2010,44(6):416-422.
[52] CAPURRO M I,GREENFIELD L K,PRASHAR A,et al. VacA generates a protective intracellular reservoir for Helicobacter pylori that is eliminated by activation of the lysosomal calcium channel TRPML1[J]. Nat Microbiol,2019,4(8):1411-1423.
[53] DUBOIS A,BORÉN T. Helicobacter pylori is invasive and it may be a facultative intracellular organism[J]. Cell Microbiol,2007,9(5):1108-1116.
[54] 周帆. 黄连素在幽门螺杆菌多重耐药与外排泵基因调控中的作用研究[D]. 上海:上海中医药大学,2019.
[55] 董礼刚,汪红兵,张会存,等. 健脾清化汤对甲硝唑耐药幽门螺杆菌外排基因hefABC表达的影响[J]. 西部中医药,2022,35(12):56-59.
[56] ZHONG Y Z,TANG L Y,DENG Q H,et al. Unraveling the novel effect of patchouli alcohol against the antibiotic resistance of Helicobacter pylori[J]. Front Microbiol,2021,12:674560.
[57] HUANG Y Q,HUANG G R,WU M H,et al. Inhibitory effects of emodin,baicalin,schizandrin and berberine on hefA gene:treatment of Helicobacter pylori-induced multidrug resistance[J]. World J Gastroenterol,2015,21(14):4225-4231.
[58] JIA X F,HUANG Q Y,LIN M M,et al. Revealing the novel effect of Jinghua Weikang capsule against the antibiotic resistance of Helicobacter pylori[J]. Front Microbiol,2022,13:962354.
[59] 陈雯,丁纯蕾,孙旗,等. 探讨中药及其成分对细菌生物被膜耐药抑制作用的研究进展[J]. 环球中医药,2024,17(1):144-149.
[60] LI R J,QIN C,HUANG G R,et al. Phillygenin inhibits Helicobacter pylori by preventing biofilm formation and inducing ATP leakage[J]. Front Microbiol,2022,13:863624.
[61] 张恩恩,叶晖,贾晓芬,等. 土荆芥提取物在体外对幽门螺杆菌生物膜的作用[J]. 中国中西医结合杂志,2020,40(10):1241-1245.
[62] LUO P P,HUANG Y Q,HANG X D,et al. Dihydrotanshinone I is effective against drug-resistant Helicobacter pylori in vitro and in vivo[J]. Antimicrob Agents Chemother,2021,65(3):e01921-1920.

(1. School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, Guangdong, China; 2. Guangzhou University of Chinese Medicine, Clinical Medical College of Acupuncture Moxibustion and Rehabilitation, Guangzhou 510006, Guangdong, China; 3. Heilongjiang University of Chinese Medicine/Key Laboratory of Northern Medicine Foundation and Application under Ministry of Education, Harbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract: By consulting relevant ancient and modern literature, the processing history , the modern processing, the changes of chemical composition and pharmacological effects after the processing of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) were organized and summarized, providing a basis for the standardization of the development of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) processing products. According to the ancient records, the processing methods of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) include purification, cutting, frying, removing oil, stir - frying with auxiliary materials, cannoning, simmering, etc. Stir - frying is the most documented and well categorized, honey - processing and other stir - frying methods have been in use to the present day. Among them, Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) processed by stir - frying method is most widely used in clinical practice. The chemical constituents of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) that have been documented in the current literature to change after processing include polysaccharides, lactones and volatile oils. The pharmacological effects of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) processing products include gastrointestinal motility regulation, immunomodulation, antitumor, anti - inflammatory, regulation of glucose and lipid metabolism and hepatoprotection effects. However, there is a lack of research on the correlation between changes in content and pharmacological effects in the study of processing pharmacology. Future studies could be based on the analysis of the processing technology and the changes in component contents of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz), to further explore the relationship between component changes and pharmacological effects and analyse the molecular mechanism of component contents in Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) processing, with a view to laying the foundations of guidelines and pharmacological applications of Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz) decoction pieces.

Keywords: Baizhu (*Atractylodes macrocephala* Koidz); processing; composition changes; pharmacology

白术(*Atractylodes macrocephala* Koidz.)是菊科中药白术的干燥根茎[1]。主要产地:浙江,江西,安徽,河南。现代药理研究显示,白术具有调节胃肠功能、抗氧化、抗炎、保肝、抗肿瘤、调节神经系统、降血脂血糖等作用[2]。其中发挥药理作用的主要物质为白术内酯类、挥发油类、多糖类成分[3]。从白术炮制的相关研究文献中可以看出,白术的炮制方法多种多样,主要包括加辅料炒制、清炒、土炒等[4]。炮制工艺多种多样,对炮制前后白术化学成分也有不同差异的影响。本研究通过梳理白术炮制工艺现状,并总结炮制前后化学成分差异优劣,来探讨白术炮制的优选工艺并为其规范化加工提供理论依据。

1 白术炮制工艺

1.1 古法炮制工艺

《神农本草经》中就有白术的记载。术类炮制方法记载众多,分为净制、切制、炒制、炙法、炮法、煨法、焙法和蒸法八类,在汉代的《华佗神方》中有“炒”制白术的记载,为最早期的白术炒法。唐代孙思邈《备急千金要方》开始出现“净选”“切”“酒制”的制法;宋代开始出现炮、煨和焙法;清代开始有蒸制的炮制方法。详细记载见表 1。

1.2 现代炮制工艺

白术的炮制由于地方差异和市场需求的不同产生了差异,以及不同需求的药理作用配伍的材料也大不相同,如麦麸、灶心土、米泔水等。现代炮制工艺引入正交试验、响应曲面法等实验方法,以此优化工艺参数,为产业化提供参考。目前,2020 版《中国药典》中对白术炮制方法仅麸炒法被收录,其他制法民间虽有用处和地方标准,但市售饮片相对较少。

1.2.1 软化 白术具有块大质坚的特点,不易直接入药,在药用之前需要软化,改变药物质地。陶梁春[5]以加水量、闷润时间、闷润次数为考察因素,以软化程度、样品性状、吸水量为考察指标,得到软化工艺条件为:加水量 3 倍,闷润时间 5 h,闷润次数 3 次,具有很好的实际意义。

1.2.2 切制干燥 按照实际情况,切制和干燥方式均为人工操作。将外观性状、水分、白术内酯Ⅰ和白术内酯Ⅲ含量为考察指标,得到工艺条件为:切制厚度为 2 ~ 4 mm,干燥温度 50 ℃,干燥时间 7 h[5]。白术切片时选择纵切,因为纵切比横切保留了更多的油室,使内酯类成分损失减小,健脾效果增强[6];干燥时选择低温,因为温度过高内酯类成分被破坏,含量降低。

1.2.3 麸炒白术 查阅各地炮制规范中的麸制白术方法[7],加工工艺可归纳为:将蜜炙麸皮撒入热锅内,待冒烟时加入白术片,炒至黄棕色、逸出焦香气,取出,筛去蜜炙麸皮。发现辅料用量只有客观的限定,但关键工艺点,如温度、麦麸要求等都是主观的。国内外研究虽多,因评价指标不一致,结果存在较大差异。麸炒白术燥性缓和,健脾效果佳。朱慧萍等[8]以白术内酯和苍术素含量为考察指标,确定了最佳工艺条件为麦麸 10%、炒 21 min、270 ℃。研究表明,蜜麸炒白术能更有效地促进苍术酮转化为白术内酯,提升健胃药效[9],孟振豪等[10]通过星点设计 - 效应面法优选得,蜜糠用量 55.8%,炒温 261 ℃,炒时 3 ~ 4 min。白术经麸炒炮制后,挥发油类成分减少,燥性降低;内酯类成分增加,健脾效果更好。内酯类成分具有调节胃肠道[11]、抗肿瘤[12]、抗炎[13]、调节糖脂代谢[14]等功能。

综上所述,麸炒白术的工艺优化是一个涉及多方面因素的复杂过程,需要综合考虑麦麸用量、炒制温度、时间以及炒制过程中的火候控制等多个方面。未来研究应进一步探索更加客观、量化的评价指标和方法,以推动麸炒白术工艺的科学化、标准化发展。

1.2.4 土炒白术 土炒白术的加工工艺可归纳为:先将土置

表 1 炮制工艺古籍记载

方法		来源记载
净制		《备急千金要方》《太平圣惠方》《卫生家宝产科备要》《幼幼新书》《小儿卫生总微方论》《圣济总录》《卫生宝鉴》《摄生众妙方》《仁术便览》《幼幼集成》
切制		《备急千金要方》《外台秘要方》《卫生家宝产科备要》《圣济总录》《普济方》《寿世保元》
清炒	炒黄	《太平圣惠方》《圣济总录》《博济方》
	炒焦	《卫生宝鉴》《丹溪心法》
	炒炭	《医宗必读》《医略六书》《得配本草》《本经逢原》《张氏医通》
加辅料炒	土炒	《外台秘要方》《千金翼方》《本草蒙筌》《本草纲目》《寿世保元》《得配本草》《本草求真》《本草从新》
	绿豆炒	《卫生家宝方》《普济方》
	面炒	《幼幼新书》《类编朱氏集验医方》《扶寿精方》
	麸炒	《圣济总录》《博济方》《苏沈良方》《世医得效方》《普济方》《本草蒙筌》《寿世保元》《医便》《神农本草经疏》《本草通玄》《得配本草》《本草求真》《本草备要》
	姜汁炒	《陈素庵妇科补解》《本草通玄》
	肉蔻等炒	《寿世保元》
	蛤粉炒	《寿世保元》
	酥油炒	《古今医鉴》
	麻黄根浸炒	《药鉴》
炙法	酒炙	《备急千金要方》《千金翼方》《新修本草》《太平圣惠方》《普济方》
	蜜炙	《幼幼新书》《丹溪心法》《普济方》《本草通玄》《医宗必读》《本草求真》
	米泔制	《圣济总录》《摄生众妙方》《普济方》《本草通玄》《得配本草》《本草求真》《本草备要》
	醋炙	《圣济总录》《奇效良方》
	橘汁制	《小儿卫生总微方论》《张氏医通》
	黄芪、石斛等同炒	《丹溪心法》
	盐水炒	《寿世保元》
	枳实煎水渍炒	《本草述钩元》《握灵本草》
炮法		《幼幼新书》《圣济总录》《博济方》《普济方》
煨法		《太平惠民和剂局方》《世医得效方》《普济方》《本草述钩元》
焙法		《圣济总录》《太平惠民和剂局方》《类编朱氏集验医方》
蒸法		《本草纲目》《证治准绳》《本草乘雅半偈》《得配本草》《本草求真》《本草备要》《长沙药解》《本经逢原》《张氏医通》《本草述钩元》

锅内,用中火加热,炒至土呈灵活状态时,投入白术片,炒至白术表面均匀挂上土粉时,取出,筛去土粉,放凉[15]。灶心土作为传统中医土炒炮制辅料使用,具有缓解药性、增强补脾、安胃、止呕、止泻等功能[16]。马传江[17]以白术水提取物、醇提取物和白术内酯Ⅲ含量为指标,通过正交实验,选取锅温、炮制时间、伏龙肝用量 3 个因子,优化得最佳条件,炒制 6 min,温度 220 ~ 250 ℃,伏龙肝 30%。张敏等[18]以白术内酯、总多糖等为指标优化工艺为:白术干燥浸水软化,按照药材∶黄土 = 100∶20 混合烘干,120 ~ 130 ℃翻炒 8 min,筛去黄土。白术经土炒炮制后,多糖及内酯类成分含量增加,增强了抗炎、免疫调节[19]、抗肿瘤[20]、保肝[21]及神经保护[22-23]的作用。

综上所述,通过不同的条件优化土炒白术的加工工艺,不仅有助于提升药材的药效和品质,还能更好地发挥其健脾、和胃等药理作用。这些研究成果为土炒白术的现代化生产和应用提供了有力的科学依据。

1.2.5 清炒白术 清炒白术加工工艺可归纳为:取白术片,置锅内,用武火加热,炒至表面焦黄色,取出放凉。陈天朝等[24]研究了生白术的炒制过程,结果表明,随着温度升高和炮制时间的增加,挥发油含量降低,可缓和其辛燥之性。“用中火或武火炒至药物表面呈焦黄色或焦褐色,并有焦香气味”描述了焦白术火候,白术炒焦具有温化寒湿、收敛止泻的功效[25],傅春升等[26]采用正交试验法,以白术内酯Ⅲ的含量为指标,确定了炒焦白术的最佳工艺参数,即在 180 ~ 200 ℃下,炒制 5 min,白术内酯Ⅲ的含量最高。崔业波等[27]以白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的含量为评价指标,将白术内酯类成分的控制以其 3 种成分总和计算,不低于 0.03%,制定焦白术饮片的质量标准,为白术药材的质量标准提供依据。

白术在清炒时多糖、挥发油和苍术酮含量下降,内酯类成分含量先上升后下降。白术挥发油具有抗氧化[28]、减轻肝损伤[29]等作用;苍术酮可以诱导肿瘤凋亡、减轻炎症反应[30];内酯类成分能安胎[31]、促进软骨细胞分化[32]等,故选择内酯类含量最高时作为炮制最佳火候,即健脾作用最佳,燥性不良反应较小。

1.2.6 米泔水漂白术 米泔水漂白术加工工艺可归纳为:将白术片用米泔水拌匀,浸泡至透,捞出,炒干。江西樟帮特色炮制源远流长,米泔水漂白术为樟帮特色品种,黄小方等[33]应用星点试验 - 效应面方法,对米泔水的用量、漂洗时间和漂洗温度进行了研究,确定了米泔水制白术的最佳加工条件。对白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ等各成分进行加权综合打分,确定出米泔水用量 9 倍,漂洗时间 55 h,漂洗温度 26 ℃,此方法稳定性好,可行,为米泔水漂制白术饮片的制备及质量标准制定奠定基础。

米泔水制白术利于内酯类成分含量增加,从而增强白术健脾作用。综合对比上述炮制方法,以白术内酯为指标,温度控制在 130 ℃,炮制时间 8 min,白术内酯含量最高,具有很好的实际意义。

2 炮制前后白术主成分的变化

目前,从白术植物中分离得到的化合物主要有内酯类、多糖类、挥发油、倍半萜等活性成分,杨亮等[34]研究发现不同产地白术药材因所处的气候、土壤、地势地貌等环境不同,化学成分的种类和含量差异明显。炮制可能改变其化学物质的含量,或增加或减少。炮制方法的不同也可能对化学物质产生不同

的影响,但主要涉及变化在挥发油和内酯类等成分[35]。

2.1 对挥发油的影响

白术挥发油具有抗炎、抗氧化等功效,降低挥发油含量可以缓和药性,减少刺激性。研究发现[36],白术挥发油含量随炮制温度上升及干燥时间延长而减少,净白术变化尤为明显。陈鸿平等[37]用2D-IR法探究四川白术炒制过程,发现炒制时间越短,挥发油变化越小;随着白术色泽变黄,挥发油含量降到生品84.72%;炒焦后降至63.92%;炒炭后仅为生品的19.37%。容穗华等[15]通过HPLC分析,发现不同炮制方法显著影响白术挥发油及苍术酮含量:麸炒、土炒、蜜麸炒、清炒白术挥发油分别减少约38%、46%、37%、41%,苍术酮含量亦有所下降。白术挥发油的成分与含量受多种因素调控,合理选择产地、部位及炮制工艺等,可调整其药性,扩大应用范围。

2.2 对内酯类成分的影响

白术发挥健脾作用物质基础是内酯类,通过炮制增加其含量使健脾效果更好,但温度过高时含量下降,因此,白术内酯含量最高时是炮制程度的最优。费莹等[38]利用HPLC-DAD技术检测白术及麸炒白术中3种内酯含量变化,发现含量随炮制时间先升后降,在10 min时达到最高。潘欢欢[39]将炮制过程细分为炒轻、炒黄、炒焦、炒炭4个阶段,指出12 min时挥发油与内酯含量稳定,炒黄至炒焦过程中白术内酯显著减少,且炒黄时健脾最佳,不良反应小,因此认为炒制12 min至炒黄最佳。谭小娟等[40]通过UPLC与OPLS-DA法构建白术不同炮制品指纹图谱,关键区分点在于白术内酯Ⅰ、Ⅱ含量变化。其增减与苍术酮转化及后续分解过程有关。

2.3 对多糖类成分的影响

白术多糖为健脾作用的物质基础,多糖含量越高其药效作用越强。生品白术中多糖与蛋白结合成稳定糖蛋白结构,称"原生多糖"。炮制中高温致蛋白变性,多糖分离,形成"炮制转化多糖",炮制时间越长,其越易降解,含量越低[41]。王梦伟等[42]研究了不同加工条件对白术中多糖及5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural,5-HMF)的影响,发现在炒焦期5-HMF显著上升,炒炭后渐稳;多糖含量随加工深度增加而减少,且品质综合得分只与5-HMF强相关。白术麸炒产生的5-HMF含量与色泽变化相关[43],据此可量化麸炒白术最佳火候。

邹艳等[44]采用复合酶-超声法优化白术多糖提取,发现不同炮制方式均增加了多糖含量,但随炒制程度加深而下降;加辅料炒制高于未加辅料,不同辅料炙制的白术多糖含量相差不大。燕娜娜等[45]研究火候对白术多糖、还原糖及内酯的影响,指出文火炒黄时白术多糖含量高、炒炭时还原糖高,与炒制时多糖与还原糖的转换及分解有关;适宜的炮制方法可促进其溶出。

3 药理作用

3.1 古籍药用作用记载

白术药用作用始载于《神农本草经》,列为上品,其中这样记载:术味苦温,主风寒湿痹死肌、痉疸、止汗、除热、消食、作煎饵,久服轻身延年,不饥。《本草真经》记载"白术为脾脏第一要药"。白术药用作用记载历史悠久,主治功能可概括为健脾胃、燥湿利水、止汗、安胎。有关古籍记载的药用作用详见表2。

现代药理研究表明白术具有抗氧化、抗炎、调理消化系统、降血糖、降血脂、抗癌等[3]功能。白术其化学成分的多样性决定了其药理作用的广泛性,在诸多重要疾病的医治和防护上呈现了良好的效用。从炮制角度来讲,白术炮制后可去除生品的辛燥之性,强化健脾的能力,炮制可转变成分含量,进而改变药性。

表2 古籍功效及主治记载

来源	功效及主治
《医学启源》	除湿益燥,和中益气,温中,去脾胃中湿,除胃热,强脾胃,进饮食,止渴,安胎
《本草新编》	除湿消食,益气强阴,尤利腰脐之气;有汗能止,无汗能发,与黄同功,实君药而非偏裨。
《本草纲目》	谟曰:咀后人乳汁润之,制其性也。脾病,以陈壁土炒过,窃土气以助脾也。治心腹胀满,腹中冷痛,胃虚下利,多年气痢,除寒热,止呕逆(甄权)
《神农本草经》	主治:风寒湿痹,死肌痉疸,止汗除热消食。作煎饵,久服,轻身、延年、不饥。
《名医别录》	主大风在身面,风眩头痛,目泪出,消痰水,逐皮间风水结肿,除心下急满,霍乱吐下不止,利腰脐间血,益津液,暖胃消谷嗜食。
《普济方》	治妊娠呕逆,不下饮食,胸膈否闷
《本草崇原》	治风寒湿痹、死肌、痉、疸,止汗、除热、消食,作煎饵。久服,轻身延年不饥
《太平圣惠方》	治产后腹中痛,呕逆;治伤寒霍乱,胃气不和,心烦吐利,不下饮食
《证治准绳》	治咳嗽呕吐痰涎气喘
《本草易读》	燥湿补脾,温中和胃,生津止渴,已呕住泻。进饮食,祛劳倦,消痰水,除肌热。
《古今医鉴》	化痰清热,健胃补脾,消食顺气
《本草从新》	甘补脾,温和中,苦燥湿,本善补气;进饮食,祛劳倦,止肌热,和中则能已呕吐,定痛安胎。
《本草蒙筌》	土炒窃彼气焉,因脾土受伤,故窃真、土气以补助尔,若非脾病不必拘此制
《医略六书》	合之白术健脾气以开发神机,酒煎活血脉以行其经络也;白术益其脾土而培万物之母

3.2 现代药理研究

3.2.1 调节胃肠运动 白术及其炮制品能增加有益菌比例,调节肠道微生物[9]。WANG J等[46]发现白术能提升小鼠血清胃肠道激素水平,改善结肠形态与肠道屏障健康。YANG H等[47]发现白术多糖显著增加便秘小鼠肠道中毛螺菌属细菌A4、普通拟杆菌属及普雷沃氏菌属CAG:891的丰度,有效缓解肠道微生态失衡。

3.2.2 免疫调节作用 在南海麻黄鸡研究中,白术多糖增强免疫器官功能,改善结构致密度与形态修复[48]。白术挥发油显著抑制肿瘤细胞增殖,机制可能与其促进巨噬细胞的活化有关[49]。另外,有学者发现白术糖蛋白可作免疫刺激佐剂,增强小鼠保护性免疫应答[3]。

3.2.3 抗炎 白术挥发油调节肠道微生物群,缓解溃疡性结肠炎[50]。白术多糖剂量依赖性地降低肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor alpha,TNF-α)、白细胞介素-1β(inter-

leukin－1β，IL－1β）和白细胞介素－6（interleukin－6，IL－6）水平，减轻炎症[51]。

3.2.4 调节糖脂代谢 张文友等[52]研究显示白术提取物显著降低 db/db 小鼠空腹血糖、胰岛素、甘油三酯及总胆固醇，机制为上调胰高血糖素样肽－1 受体（glucagon－like peptide－1 receptor，GLP－1R）蛋白，优化胰岛素 B 细胞功能，实现降血糖效果。白术多糖可调节肠道菌群，提高色氨酸代谢，激活肠道芳烃受体通路，减少脂质沉积，调节糖脂代谢[53]。

3.2.5 抗氧化 白术多糖抗氧化活性佳，不同产地均具有较好的活性，且与结构相关，可修复 D－半乳糖致大鼠神经细胞脱氧核糖核酸（deoxyribo nucleic acid，DNA）损伤，提高机体抗氧化能力[3]。白术中的多酚和黄酮类成分也具有良好的抗氧化活性[4]。

3.2.6 神经保护作用 白术能改善低氧致神经细胞生长抑制，增加抗凋亡蛋白表达，防止神经细胞过早凋亡[54]。LI H Y 等[55]发现白术内酯Ⅰ、Ⅱ和芍药苷组合增加胰岛素样生长因子 2（insulin－like growth factor 2，IGF－2）通路激活来促进血管生成，改善神经恢复。

3.2.7 其他 胡荣等[56]研究表明，多酚具有强抗黑色素及酪氨酸酶活性能力，为祁白术中美白活性成分研究奠定了基础。另外白术多酚、黄酮类成分对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌也有抑制作用[57]。白术内酯Ⅱ和Ⅲ还可抑制血小板在固定纤维蛋白原表面扩散、延缓血浆中凝块收缩[32]。

4 结语与展望

白术作为药用植物，于今已有多年的药用历史，最早记载在《神农本草经》：味苦温，主风寒湿痹死肌，痉疸，止汗，除热，消食，作煎饵，久服轻身延年，不饥。

白术古今文献记载的炮制方法较为混乱，且不同时期对炮制方法的要求不尽相同。汇总有记载的文献，以麸炒白术最为广泛，另焦白术、土炒白术亦较多。比较古籍和现代记载工艺，发现两者相似却也存在差别，现代工艺沿袭古籍辅料炒制形式，但也应用现代工艺对古籍未记录的炒制时间、温度等诸多要素考虑周到，以便优化出最佳炮制工艺，可以说是对古籍的推崇及优化。以有效成分为指标筛选是现代白术炮制工艺的趋势，是对古籍记载无评价标准的炮制工艺的优化，更容易得到认可。

作为现代工艺炮制的指标，现有文献记载大多体现在白术多糖和萜类的变化，这与白术的药理作用大多以白术多糖、苍术酮和白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ契合。其他成分如黄酮、多酚、氨基酸等相关的药理研究却较少，因此，未有以黄酮及氨基酸炮制前后的变化为准则的炮制方法研究，若今后发现白术黄酮、氨基酸等具有显著功效，则以其为炮制指标进行后续研究。

对比白术古今药理作用汇总来看，古籍记载内容大多相似，具有补气健脾、燥湿利尿、固表止汗、安胎功效，而现代探究对白术药理的功效细分，具体到调节胃肠运动、增强免疫功能等作用。近代药理考究主要是白术饮片的药理作用，对白术饮片炮制前后比较的药理研究内容较少，有待进一步研究。其单体成分的深入探索仍显不足。未来，我们期待后续研究者能够不断充实白术在治疗疾病方面的理论基础，并通过深入研究发掘其单体成分，以更全面、更精确地揭示白术的药理作用，从而为临床应用提供更坚实的科学依据。

综上所述，目前炮制研究进展受限于炮制工艺的差别，笔者认为应针对所需有效成分含量增减而寻求不同的炮制工艺，基于现代科学技术和数字化工艺为不同的需求对白术炮制具体细分，为后续白术炮制研究和临床应用提供可靠的理论依据和参考。对于白术的药理功能已有大量的国内外文献报道，大多与白术多糖、苍术酮和白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ密切相关，然而对于白术炮制前后含量转变与药理作用的联系相关研究不足，有待后续钻研，进一步更加充分全面地拓宽白术主成分的药理作用的广泛性，设立白术炮制品质量标准体系，加强其炮制品在药理分子机制和临床作用层面上的研究，更好地应用于临床并促进对白术的进一步开发运用。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部［S］. 北京：中国医药科技出版社，2020：107.
[2] 张楠，陶源，李春燕，等. 白术的化学成分及药理作用研究进展［J］. 新乡医学院学报，2023，40（6）：579－586.
[3] 刘棣文，何莉莉，崔娜，等. 白术化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测［J］. 中医药信息，2024，41（1）：65－78.
[4] 倪志涛，栗会静，杜晓凤，等. 白术炮制历史沿革研究［J］. 中国民族民间医药，2021，30（16）：23－28.
[5] 陶梁春. 朝白术炮制工艺及其质量标准研究［D］. 延吉：延边大学，2022.
[6] 杨彦华，周远征，赵文龙，等. 白术软化切制工艺研究［J］. 中成药，2013，35（10）：2225－2229.
[7] 郑京胜. 中药炮制辅料麦麸的质量标准研究［D］. 杭州：浙江中医药大学，2018.
[8] 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.
[9] 吴晓莹. 白术不同炮制品化学成分及肠道菌群差异研究［D］. 南昌：江西中医药大学，2023.
[10] 孟振豪，韩永红，钟凌云. 星点设计－效应面法优选蜜糠炒白术的炮制工艺［J］. 中国实验方剂学杂志，2015，21（15）：19－22.
[11] 李晓宇. 白术内酯Ⅰ调节肠道菌群改善大鼠慢传输型便秘的实验研究［D］. 青岛：青岛大学，2022：12－26.
[12] 刘鹏，胡阳黔，曹扶胜，等. 白术内酯Ⅰ对自身免疫性肝损伤小鼠 JAK/STAT 信号通路的调节作用研究［J］. 现代中西医结合杂志，2021，30（27）：2975－2980，2986.
[13] 鲁慧东，李艳梅. 白术内酯Ⅲ通过调节 JAK2/STAT3 信号通路减轻溃疡性结肠炎模型小鼠肠道损伤［J］. 中国病理生理杂志，2023，39（1）：142－149.
[14] LIU X，HUANG Y，LIANG X，et al. Atractylenolide Ⅲ from *Atractylodes macrocephala* Koidz promotes the activation of brown and white adipose tissue through SIRT1/PGC－1α signaling pathway［J］. Phytomedicine，2022，104：154289.
[15] 容穗华，林海，高妮. 白术炮制工艺及炮制原理的研究［J］. 中国中药杂志，2011，36（8）：1001－1003.
[16] 陈文文，钟恋，卢烽，等. 灶心土的历史沿革及研究现状分析［J］. 中药与临床，2021，12（6）：82－87.
[17] 马传江. 正交试验优选白术的土炒炮制工艺［J］. 中国药师，2016，19（7）：1245－1247.
[18] 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，2019，19（98）：285－286.

[19] WU Q R, LI B X, LI Y, et al. Effects of PAMK on lncRNA, miRNA, and mRNA expression profiles of thymic epithelial cells[J]. Funct Integr Genomics, 2022, 22(5): 849 - 863.
[20] 杨宝芹,刘高仁,邵艳社,等. 白术多糖通过调控线粒体凋亡途径诱导人子宫内膜癌 RL95 - 2 细胞凋亡[J]. 中国免疫学杂志,2022,38(12): 1458 - 1462.
[21] 蒋维维,冯小花,文贵辉. 白术多糖药理作用研究进展[J]. 湖南畜牧兽医,2023(5): 50 - 53.
[22] XUE M T, SHENG W J, SONG X, et al. Atractylenolide Ⅲ ameliorates spinal cord injury in rats by modulating microglial/macrophage polarization[J]. CNS Neurosci Ther, 2022, 28(7): 1059 - 1071.
[23] 赵玉娇,高耀,周玉枝,等. 白术在神经精神系统疾病中的药理作用及机制研究进展[J]. 中草药,2017,48(21): 4546 - 4551.
[24] 陈天朝,王娇,马彦江,等. 基于清炒法对白术物性及主成分含量变化的研究[J]. 中医研究,2019,32(6): 58 - 63.
[25] 邓荣英. 中药饮片经不同炮制方法后的临床疗效分析[J]. 中医临床研究,2019,11(16): 125 - 127.
[26] 傅春升,于维萍,陈子玲. 炒白术、焦白术的质量研究[J]. 齐鲁药事,2006,25(11): 669 - 672.
[27] 崔业波,程炎,马晓静,等. 焦白术饮片质量标准的研究[J]. 中国医药导刊,2020,22(10): 703 - 708.
[28] WU Y X, LU W W, GENG Y C, et al. Antioxidant, antimicrobial and anti - inflammatory activities of essential oil derived from the wild rhizome of *Atractylodes macrocephala*[J]. Chem Biodivers, 2020, 17(8): e2000268.
[29] 李铮. 白术挥发油对小鼠急性肝损伤的作用及其机制[D]. 长春: 吉林大学,2020.
[30] LI L, DU Y Y, WANG Y, et al. Atractylone alleviates ethanol - induced gastric ulcer in rat with altered gut microbiota and metabolites[J]. J Inflamm Res, 2022, 15: 4709 - 4723.
[31] 郭羽丽. 白术内酯Ⅰ对先兆流产家猫的保胎效果及机理初探[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学,2021.
[32] CHEN Y Z, YANG W L, GUO L Y, et al. *Atractylodes* lactone compounds inhibit platelet activation[J]. Platelets, 2017, 28(2): 194 - 202.
[33] 黄小方,鄢庆祥,龚鹏飞,等. 星点设计 - 效应面法优选米泔水漂白术炮制工艺[J]. 中草药,2017,48(1): 109 - 113.
[34] 杨亮,于洋,康舒宇,等. 基于 UPLC - MS^E 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.
[35] 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.
[36] 谢丽静,高秋芳,杨昊钰. 不同方法炮制后白术功效指标含量变化比较[J]. 中国药业,2019,28(2): 7 - 10.
[37] 陈鸿平,潘欢欢,张鑫,等. GC - MS 结合 AMDIS 和保留指数研究不同炮制火候麸炒白术挥发性成分动态变化规律[J]. 中国中药杂志,2016,41(14): 2646 - 2651.
[38] 费莹,王娜妮,李洪玉,等. 炮制工艺对白术挥发油组成及 3 种白术内酯含量的影响研究[J]. 中华中医药学刊,2016,34(2): 418 - 421.
[39] 潘欢欢. 白术麸炒过程中物质基础、健脾作用和燥性变化研究[D]. 成都: 成都中医药大学,2017.
[40] 谭小娟,李世雄,李璎峪,等. 白术饮片的指纹图谱形状特征与质量标志物(Q - Marker)研究[J]. 中草药,2021,52(16): 4844 - 4851.
[41] 何燕珊. 白术炮制前后的质量分析及对溃疡性结肠炎大鼠的作用研究[D]. 广州: 广东药科大学,2021.
[42] 王梦伟,王梦珂,李蒙恩,等. 基于 AHP - CRITIC 法的清炒白术物性参数与有效成分相关性研究[J]. 中华中医药学刊,2023,41(9): 37 - 45,265.
[43] 梁乙川,郭换,刘素娟,等. 基于颜色变化的麸炒白术最佳炮制火候的客观量化判别[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(6): 12 - 15.
[44] 邹艳,彭静,罗舜,等. 复合酶 - 超声提取白术炮制品多糖的工艺及其体外抗氧化活性研究[J]. 时珍国医国药,2022,33(5): 1118 - 1122.
[45] 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.
[46] WANG J, FENG W W, ZHANG S Y, et al. Ameliorative effect of *Atractylodes macrocephala* essential oil combined with *Panax ginseng* total saponins on 5 - fluorouracil induced diarrhea is associated with gut microbial modulation[J]. J Ethnopharmacol, 2019, 238: 111887.
[47] YANG H, WU C, CHEN L, et al. A. macrocephala polysaccharide induces alterations to gut microbiome and serum metabolome in constipated mice[J]. Microb Pathog, 2023, 178: 106084.
[48] 陈家雪. 白术多糖提取及其对南海麻黄鸡免疫调节作用的研究[D]. 佛山: 佛山科学技术学院,2021.
[49] ZHOU X Y, CAO N, XU D N, et al. Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* koidz alleviates cyclophosphamide - induced *Thymus* ferroptosis in gosling[J]. Animals (Basel), 2022, 12(23): 3394.
[50] CHENG H, ZHANG D D, WU J, et al. *Atractylodes macrocephala* Koidz. volatile oil relieves acute ulcerative colitis *via* regulating gut microbiota and gut microbiota metabolism[J]. Front Immunol, 2023, 14: 1127785.
[51] FU M S, WANG J H, XU D N, et al. Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz alleviates LPS - induced proliferation, differentiation inhibition and excessive apoptosis in chicken embryonic myogenic cells[J]. Vet Med Sci, 2024, 10(3): e1412.
[52] 张文友,李紫梅,吴礼宜. 白术提取物对 db/db 小鼠降血糖作用及机制研究[J]. 中药药理与临床,2022,38(6): 120 - 125.
[53] HE Z W, GUO J Y, ZHANG H W, et al. *Atractylodes macrocephala* Koidz polysaccharide improves glycolipid metabolism disorders through activation of aryl hydrocarbon receptor by gut flora - produced tryptophan metabolites[J]. Int J Biol Macromol, 2023, 253 (Pt 4): 126987.
[54] 司香环,李东娜,李宏佳,等. 白术对慢传输型便秘的药理作用及临床配伍应用研究现状[J]. 世界中医药,2023,18(21): 3143 - 3148.
[55] LI H Y, YU W T, YANG Y, et al. Combination of Atractylenolide Ⅰ, Atractylenolide Ⅲ, and Paeoniflorin promotes angiogenesis and improves neurological recovery in a mouse model of ischemic Stroke[J]. Chin Med, 2024, 19(1): 3.
[56] 胡荣,李祖伦,李汝佳. 白术茯苓不同极性部位对酪氨酸酶活性影响的实验研究[J]. 四川中医,2008,26(5): 27 - 28.
[57] 胡长玉,戴毅,王雅群,等. 祁白术多酚提取工艺及抗氧化、抑菌活性研究[J]. 食品与机械,2019,35(1): 170 - 176.