[文章编号] 1003－4684(2026)02-0112-04

不同产地白术中三种内酯成分的含量比较及品质评价

邹晓青[1,2]，黄思勇[2]，方桂杰[1]

(1 湖北工业大学生命科学与健康工程学院，湖北 武汉 430068；2 恩施职业技术学院药学院，湖北 恩施 445000)

[摘 要] 比较不同来源白术中白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的含量差异，为其质量控制和产地研究提供依据。采用 HPLC 法测定 15 批不同来源白术中三种内酯的含量，并建立指纹图谱进行相似度评价。结果发现：15 批药材指纹图谱相似度＞0.900；重庆产白术内酯总含量最高(2.5061 mg/g)，其后依次为安徽亳州(1.5915 mg/g)、四川(1.1031 mg/g)、湖北咸丰(1.0244 mg/g)、安徽二级(0.9231 mg/g)。重庆产白术品质最优，可作为咸丰白术产地研究与配方颗粒开发的对照品。

[关键词] 白术；湖北咸丰；不同产地；内酯类成分；白术内酯；含量测定

[中图分类号] R931.71 [文献标识码] A

白术(*Atractylodes macrocephala* Koidz)是菊科多年生草本植物，以其根茎入药，具有健脾益气、燥湿利尿、止汗安胎的功效。它是中医中最常用的中药之一，有“十药九术”之说。咸丰白术是湖北省咸丰县特产，是恩施州道地药材之一，因其尾部圆大，上部颈项细长，形似鸡腿，俗称“鸡腿白术”[1-2]，经过长期栽培，已形成咸丰特有的地方品种。2007 年，国家质检总局正式批准咸丰白术实施地理标志产品保护。随着湖北省地方标准《咸丰白术生产技术规程》(DB 42/T 375－2006)的颁布，在恩施州政府的相关政策支持下，咸丰白术的生产得到了极大的促进[2]。目前，恩施州咸丰白术种植已有相当规模，面积已达 800 hm^2，药材年产量 600 余 t，年产值 3000 余万元[3-4]。尽管如此，如何充分利用恩施州的资源优势，将现代科技转化为生产力，提升咸丰白术的市场竞争力，提高产品的附加值，增加农民的经济收入，仍是亟待解决的产业科学问题[5-6]。

白术药材的有效成分含量与产地、采收时节密切相关。本文选取湖北咸丰、安徽亳州、重庆、安徽、四川等 5 个产地，共计 15 批白术，通过 HPLC 法对其中 3 种内酯含量进行测定，并建立指纹图谱，综合评价其品质，为咸丰白术的开发利用提供依据[7-8]。

1 仪器与试剂

仪器：高效液相色谱仪(Thermo UltiMate 3000)，分析天平(Sartorius BSA124S)，干燥箱(GZX-9240 MBE)，超声波清洗仪(KQ-800KDB 型)，粉碎机(XL-500A 型)。

试剂：白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ对照品(成都埃法生物科技有限公司，纯度≥98%)；乙醇、乙腈为色谱纯，水为超纯水，其余试剂均为分析纯[9]。

药材：15 批白术药材来源信息见表 1。

表 1 白术药材信息

来源	生产时间	批号	净重/(kg·袋$^{-1}$)	生厂商
湖北咸丰	2021.02.23；2022.03.10	21022301 22031001 22031002	1.0	时珍堂巴东药业有限公司
安徽亳州	2022.04.17	220401 220402 220403	0.5	安徽存真中药饮片有限公司
重庆	2022.05.25	220501 220502 220503	0.5	重庆众妙药业有限公司
安徽	2022.05.12	220501 (二级) 220502 220503	0.5	湖北聚瑞生物科技有限公司
四川	2021.10.17	211002-01 (一级) 211002-02 211002-03	0.5	成都市祺隆中药饮片有限公司

[收稿日期] 2024－08－23

[第一作者] 邹晓青(1994－)，女，湖北巴东人，湖北工业大学硕士研究生，恩施职业技术学院讲师，研究方向为生物与医药。

[通信作者] 方桂杰(1974－)，女，辽宁凤城人，湖北工业大学副教授，研究方向为制药工程与生物医药。

2　不同来源白术药材指纹图谱研究

2.1　色谱条件

色谱柱:流动相为乙腈(A)-水(B),梯度洗脱:0～10 min,35% ～ 45% A;10 ～ 20 min,45% A;45 min,70% A;55 min,90% A;60 min,35% A。流速:1.0 mL/min;柱温:40℃。检测波长:白术内酯Ⅰ为 276 nm,白术内酯Ⅱ和Ⅲ为 220 nm。进样体积,20 μL[10]。

2.2　溶液的制备

2.2.1　对照品溶液的配制　取白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ和白术内酯Ⅲ对照品适量,精密称取,分别放置在 10 mL 容量瓶中,加乙醇溶解后稀释至刻度,摇匀,备用[11-12]。精密量取单个组分对照品溶液,加乙醇配制成含白术内酯Ⅰ 990 mg/L、白术内酯Ⅱ 1080 mg/L、白术内酯Ⅲ 960 mg/L 的混合对照品储备液。分别取储备液 1、3、5、7、10 mL 于 10 mL 容量瓶,配制成 5 组梯度混合标样,备用[13-14]。

2.2.2　供试品溶液的配制　精密称取过四号筛(100 目)的白术粉末 5 g,置具塞锥形瓶中,精密加入乙醇20 mL,称定质量,超声处理 40 min,取出放冷,再称定质量,用乙醇补足减失的质量,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

2.3　15 批白术药材指纹图谱的建立及分析

2.3.1　指纹图谱建立　取 15 批白术样品,按“2.2.2”项方法制备供试品溶液,按“2.1”项色谱条件进样,记录 HPLC 图谱。将图谱导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版),以 S1 号样品图谱为参照,采用中位数法生成对照指纹图谱(图 1),并进行色谱峰匹配。

2.3.2　计算 15 批白术指纹图谱相似度　以生成的对照指纹图谱为参照,计算 15 批样品的相似度,结果见表 2。样品编号与来源对应关系见表 3。

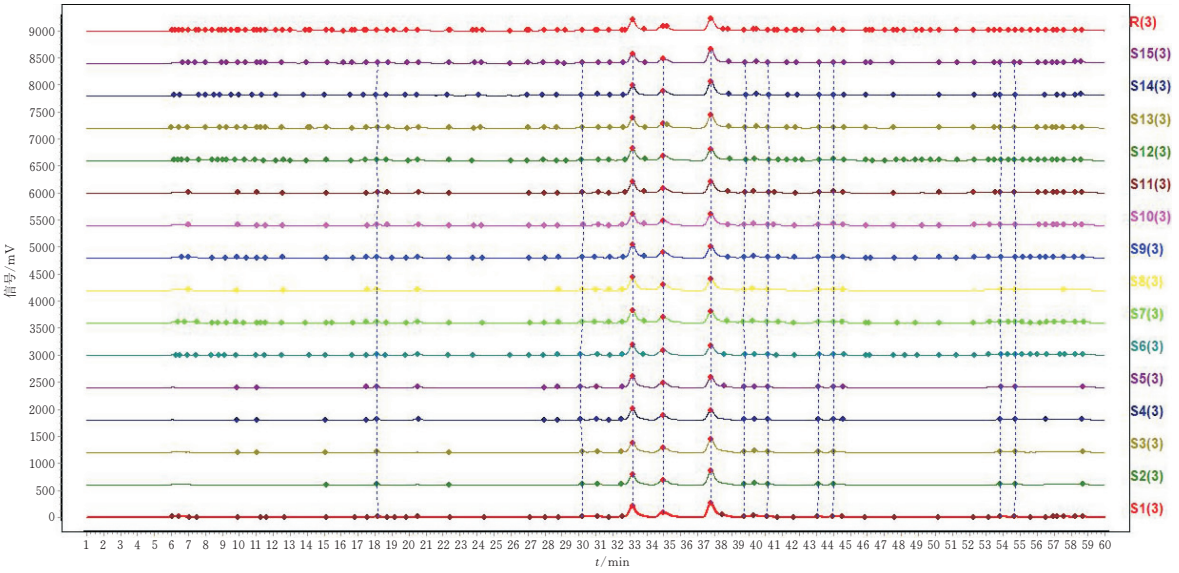

图 1　15 批白术药材的 HPLC 指纹图谱

表 2　15 批白术指纹图谱相似度

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
S1	1.000	0.996	0.997	0.977	0.961	0.971	0.978	0.979	0.962	0.979	0.978	0.979	0.952	0.982	0.978
S2	0.996	1.000	1.000	0.967	0.953	0.957	0.970	0.974	0.951	0.971	0.970	0.970	0.950	0.978	0.974
S3	0.997	1.000	1.000	0.972	0.960	0.963	0.974	0.978	0.957	0.975	0.974	0.974	0.949	0.979	0.976
S4	0.977	0.967	0.972	1.000	0.985	0.990	0.991	0.993	0.986	0.988	0.988	0.986	0.918	0.963	0.953
S5	0.961	0.953	0.960	0.985	1.000	0.986	0.976	0.972	0.975	0.978	0.980	0.971	0.908	0.957	0.951
S6	0.971	0.957	0.963	0.990	0.986	1.000	0.988	0.982	0.987	0.989	0.989	0.985	0.914	0.966	0.959
S7	0.978	0.970	0.974	0.991	0.976	0.988	1.000	0.996	0.993	0.989	0.988	0.988	0.916	0.962	0.955
S8	0.979	0.974	0.978	0.993	0.972	0.982	0.996	1.000	0.989	0.988	0.987	0.985	0.914	0.960	0.951
S9	0.962	0.951	0.957	0.986	0.975	0.987	0.993	0.989	1.000	0.991	0.990	0.986	0.904	0.953	0.948
S10	0.979	0.971	0.975	0.988	0.978	0.989	0.989	0.988	0.991	1.000	0.999	0.993	0.934	0.973	0.968
S11	0.978	0.970	0.974	0.988	0.980	0.989	0.988	0.987	0.990	0.999	1.000	0.993	0.933	0.974	0.968
S12	0.979	0.970	0.974	0.986	0.971	0.985	0.988	0.985	0.986	0.993	0.993	1.000	0.929	0.971	0.967
S13	0.952	0.950	0.949	0.918	0.908	0.914	0.916	0.914	0.904	0.934	0.933	0.929	1.000	0.963	0.964
S14	0.982	0.978	0.979	0.963	0.957	0.966	0.962	0.960	0.953	0.973	0.974	0.971	0.963	1.000	0.993
S15	0.978	0.974	0.976	0.953	0.951	0.959	0.955	0.951	0.948	0.968	0.968	0.967	0.964	0.993	1.000

表3 15批药材样品编号与来源批次对应

编号	来源批次	编号	来源批次
S1	重庆 220501	S9	安徽亳州 220403
S2	重庆 220502	S10	湖北咸丰 21022301
S3	重庆 220503	S11	湖北咸丰 22031001
S4	安徽二级 220501	S12	湖北咸丰 22031002
S5	安徽二级 220502	S13	四川 211002-01
S6	安徽二级 220503	S14	四川 211002-02
S7	安徽亳州 220401	S15	四川 211002-03
S8	安徽亳州 220402		

2.4 样品含量测定及分析

取15批白术样品，按“2.2.2”项方法制备供试品溶液，按“2.1”项色谱条件进样测定，记录峰面积，以外标法计算三种内酯含量，结果见表4。

表4 15批白术含量测定结果 mg/g

样品编号	白术内酯				总含量均值/(mg·g^{-1})
	Ⅰ含量	Ⅱ含量	Ⅲ含量	总含量	
S1	0.3951	0.7355	1.5424	2.6730	2.5061
S2	0.3791	0.7053	1.3721	2.4565	
S3	0.3646	0.7127	1.3115	2.3888	
S4	0.2605	0.3118	0.4342	1.0065	
S5	0.2720	0.2881	0.3742	0.9343	0.9231
S6	0.2519	0.2496	0.3271	0.8286	
S7	0.3154	0.4945	0.7731	1.5830	1.5915
S8	0.3134	0.4905	0.7862	1.5901	
S9	0.2881	0.5032	0.8102	1.6015	
S10	0.2849	0.4236	0.4518	1.1603	1.0244
S11	0.2837	0.3325	0.3693	0.9855	
S12	0.2902	0.2718	0.3653	0.9273	
S13	0.3226	0.3364	0.4602	1.1192	1.1031
S14	0.3275	0.3357	0.4369	1.1001	
S15	0.3210	0.3388	0.4303	1.0901	

2.5 方法学考察

2.5.1 精密度试验 取混合对照品溶液，按“2.1”项色谱条件连续进样6次，记录峰面积。结果显示白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ峰面积的RSD分别为2.45%、2.35%、2.36%，表明仪器精密度良好。

2.5.2 稳定性试验 取同一供试品溶液，分别于0、2、4、8、12、24 h进样测定。结果显示白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ峰面积的RSD分别为1.94%、2.17%、1.84%，表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.5.3 重复性试验 取同一批号白术样品6份，按“2.2.2”项方法平行制备供试品溶液并测定。结果显示白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ含量的RSD分别为2.26%、1.20%、1.28%，表明该方法重复性良好。

2.5.4 加样回收率试验 取已知含量的白术样品6份，分别精密加入一定量的白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ对照品，按“2.2.2”项方法制备供试品溶液并测定，计算回收率。结果显示白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的平均回收率分别为98.46%、99.18%、99.46%，RSD分别为3.25%、1.79%、1.70%，表明方法准确度良好(表5—表7)。

表5 加样回收率试验结果(白术内酯Ⅰ)

样品	原有量/mg	加入量/mg	测得量/mg	回收率/%
1	0.3055	0.3060	0.6067	98.43
2	0.3056	0.3060	0.6118	100.06
3	0.3033	0.3060	0.6047	98.50
4	0.3096	0.3060	0.6089	97.81
5	0.3027	0.3060	0.6059	99.08
6	0.3071	0.3060	0.6035	96.86

平均回收率=98.46%，RSD=3.25%。

表6 加样回收率试验结果(白术内酯Ⅱ)

样品	原有量/mg	加入量/mg	测得量/mg	回收率/%
1	0.4108	0.4000	0.8020	97.80
2	0.4059	0.4000	0.8031	99.30
3	0.4073	0.4000	0.8056	99.58
4	0.4081	0.4000	0.8048	99.18
5	0.4094	0.4000	0.8064	99.25
6	0.4073	0.4000	0.8071	99.95

平均回收率=99.18%，RSD=1.79%。

表7 加样回收率试验结果(白术内酯Ⅲ)

样品	原有量/mg	加入量/mg	测得量/mg	回收率/%
1	0.7385	0.7400	1.4762	99.69
2	0.7410	0.7400	1.4700	98.36
3	0.7378	0.7400	1.4735	99.42
4	0.7316	0.7400	1.4720	100.05
5	0.7345	0.7400	1.4720	99.66
6	0.7354	0.7400	1.4746	99.59

平均回收率=99.46%，RSD=1.70%。

3 讨论与结论

3.1 15批白术指纹图谱相似度

15批白术样品指纹图谱相似度＞0.900，表明不同来源白术的化学成分具有较高一致性，样品质量稳定，可用于后续含量测定与品质评价。

3.2 样品含量测定及分析结果

由表4可知，不同来源白术中三种内酯含量存在显著差异。重庆产白术(S1～S3)内酯总含量均值最高(2.5061 mg/g)，显著高于其他来源；其后依次为安徽亳州(1.5915 mg/g)、四川(1.1031 mg/g)、湖北咸丰(1.0244 mg/g)、安徽二级(0.9231 mg/g)。

同一来源不同批次间含量差异较小，表明药材加工与储存条件相对稳定。值得注意的是，同为安徽来源，亳州产白术内酯含量明显高于二级白术，提示产地内不同区域的品质差异值得进一步研究。

4 结束语

本研究采用HPLC法对5个来源15批白术中

白术内酯Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ含量进行测定,并建立指纹图谱进行相似度评价。结果表明,不同来源白术化学成分一致性较好,但内酯含量存在显著差异,以重庆产白术品质最优。后续可进一步探讨影响白术品质的关键生态与栽培因素,并以重庆白术为对照,优化咸丰白术的产地加工与配方颗粒制备工艺,提升其产品附加值。

[参 考 文 献]

[1] 周武先,李大荣,周亮,等.咸丰白术种子生物学特性研究[J].湖北农业科学,2022,61(23):105-110.

[2] 周光彦,田若凡,周光龙,等.咸丰白术高效富硒栽培技术[J].园艺与种苗,2021,41(08):16-17.

[3] 刘慧,肖金超,张庆捷,等.金骨莲胶囊 HPLC 指纹图谱及化学模式识别研究[J].中草药,2021,52(14):4185-4192.

[4] 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 (05): 81-85.

[5] 鲍江峰,宗庆波,马毅平,等.湖北省道地药材产业发展现状及展望[J].华中农业大学学报,2021,40(06):1-6.

[6] 孙元鹏,袁知洋,刘于思,等. 乡村振兴战略下恩施州道地药材高质量发展的探讨 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (08): 1408-1412.

[7] 王青云. 湖北恩施州印发促进中医药传承创新发展实施方案 [J]. 中医药管理杂志, 2023, 31 (19): 52.

[8] 黄东海,周大寨,王华,等.咸丰白术挥发油的化学成分分析[J].农业与技术,2020,40(24):1-3.

[9] 张朝杰,杨建宇,李杨,等.道地药材浙白术的研究近况[J].光明中医,2020,35(19):3127-3130.

[10] 李丹, 胡乐. 参苓白术散合金匮肾气丸加减联合穴位贴敷治疗慢性肾衰竭脾肾气虚型临床研究[J]. 实用中医药杂志, 2023, 39 (09): 1749-1751.

[11] 徐日, 周敏亚, 吴小山, 等. 半夏白术天麻汤联合针刺治疗缺血性脑血管病康复期患者临床研究[J]. 新中医, 2023, 55 (14): 20-24.

[12] 解雨彤, 周飞, 黄云胜. 半夏白术天麻汤联合穴位埋针对缺血性脑卒中康复效果的临床研究[J]. 实用中医内科杂志, 2023, 37 (07): 51-53.

[13] 王芳增, 杨会举, 杨新玉, 等. 加味枳实白术汤治疗功能性便秘气阴两虚证临床研究[J]. 新中医, 2023, 55 (13): 81-84.

Comparison of Three Lactone Components and Quality Evaluation in White Atractylodes from Different Origins

ZOU Xiaoqing [1,2], HUANG Siyong[2], FANG Guijie[1]

(1 *School of Life Sciences and Health Engin., Hubei Univ. of Tech., Wuhan* 430000, *China*;
2 *College of Bioengineering, Enshi Vocational and Technical College, Enshi* 445000, *China*)

Abstract: To compare the content differences of atractylenolides I, II, and III in different sources of Atractylodes macrocephala, and to provide a basis for quality control and origin research, the contents of the three lactones in 15 batches of Atractylodes macrocephala from different sources were determined by HPLC, and a fingerprint was established for similarity evaluation. Results revealed that the similarity of the fingerprints of the 15 batches of medicinal materials was all > 0.900; the total content of atractylenolides in Atractylodes macrocephala from Chongqing was the highest (2.5061 mg/g), followed by that from Bozhou, Anhui (1.5915 mg/g), Sichuan (1.1031 mg/g), Xianfeng, Hubei (1.0244 mg/g), and Anhui grade 2 (0.9231 mg/g). Atractylodes macrocephala from Chongqing has the best quality and can be used as a reference for the origin research and formula granule development of Xiánfēng Atractylodes macrocephala.

Keywords: *Atractylodes macrocephala* Koidz.; xianfeng, hubei; different origins; lactone components; atractylenolide; content determination

[责任编校:张　众]