

山药产地加工本草考证和现代研究进展

付聪^{1,2}, 李军¹, 卢恒², 王晓², 李宝国¹

[1. 山东中医药大学药学院, 山东 济南 250355; 2. 齐鲁工业大学(山东省科学院) 山东省分析测试中心, 山东 济南 250014]

摘要:山药为药食同源类大宗中药材品种,在我国使用历史悠久,在临床和日常保健中均有广泛应用。产地加工是山药品质形成的关键技术环节,不同产地加工方法对山药外观性状及内在质量等均有一定的影响。随着传统工艺发展和实践经验积累,山药产地加工技术愈发成熟,逐渐形成了具有特色的产地加工工艺。但由于山药品种、产地和用途差异性的影响,目前山药产地加工缺乏标准化指导,制约了山药规范化生产,亟需寻求科学合理的产地加工方法。为此,通过查阅历代本草古籍、历版《中华人民共和国药典》等记载,并结合现代文献研究,对山药产地加工技术进行梳理和归纳,以期山药的规范化生产和深入研究提供参考。

关键词:山药;产地加工;本草考证;现代研究

中图分类号:R282.71

文献标志码:A

文章编号:1673-7717(2024)09-0079-06

Materia Medica Textual Research and Modern Research Progress on Origin Processing of Shanyao(*Dioscorea Rhizoma*)

FU Cong^{1,2}, LI Jun¹, LU Heng², WANG Xiao², LI Baoguo¹

[1. College of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, Shandong, China;

2. Qilu University of Technology(Shandong Academy of Sciences), Shandong Analysis and Test Center, Jinan 250014, Shandong, China]

Abstract:Shanyao(*Dioscorea Rhizoma*, DR) is the dried rhizome of Shuyu(*Dioscorea opposita* Thunb.). As a material of traditional medicinal species and food, it has a long history of use in China. It is widely used in clinic and daily health care. Origin processing is the key technical link on character and quality formation of DR, and different processing methods in the production area have a certain impact on the appearance and interior quality of DR. With the historical development and accumulation of practical experience, the processing technology of DR has become increasingly mature, and gradually formed unique technologies. However, due to the difference of varieties, origin and use of DR, there is a lack of standardized guidance for DR processing recently, which restricts the normalized production of DR and it is urgent to seek scientific and reasonable processing methods. To this end, the author combed and summarized the processing technologies of DR by referring to the ancient books of materia medica and *Chinese Pharmacopoeia* of many editions, and combined the research of modern literatures, providing reference for the standardized production and in-depth study of DR.

Keywords:Shanyao(*Dioscorea Rhizoma*); origin processing; materia medica textual research; modern research

山药为薯蓣科植物薯蓣 *Dioscorea opposita* Thunb. 的干燥根茎,为我国药食同源的大宗药材^[1]。山药始载于《山海经》“景山,北望少泽,其草多薯蓣”^[2],其主要含有多糖类、酚酸

类、蛋白质、皂苷类、微量元素等活性成分^[3],现代药理研究表明其具有抗衰老、抗氧化、抗肿瘤、调节胃肠道功能、调节免疫等作用^[4-7]。山药在我国分布广泛,总种植面积已达20万公顷,主产区包括河南、山东、河北、山西等地^[8]。我国山药品种繁多,已报道有近100种,目前规模化种植品种有怀山药、紫山药、淮山药和山东细毛山药等^[9]。随着我国大健康产业的迅速发展,山药需求量逐年增加,天地云图中药产业大数据显示,2021年山药产量已达29632吨,产业规模持续扩大^[10]。

中药材的质量除与品种、产地、采收等因素密切相关外,产地加工技术也是影响其品质形成的关键环节^[11],是保证药材质量、便于贮藏和运输的前提,对后续加工具有决定性作用。山药鲜药材含水量高达70%~80%,富含多糖和蛋白质^[12-13],加工方式不当极易引起褐变和腐烂,严重影响药材质

基金项目:财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系项目(CARS-21);齐鲁工业大学(山东省科学院)科教产融合创新试点工程项目(2022PX093);济南市“新高校20条”资助项目(202228020)

作者简介:付聪(1999-),女(蒙古族),内蒙古呼和浩特人,硕士在读,研究方向:中药质量控制与分析评价。

通讯作者:李宝国(1969-),男,山东济南人,教授,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药质量控制与分析评价。E-mail: lbg-3023@163.com。

量及临床疗效。因此,山药产地加工规范化是保证山药产业健康发展的基础。

目前对山药的研究主要集中在资源分布、化学成分及药理作用等方面,缺乏对其产地加工的系统研究。为此,本文通过对本草古籍记载、《中华人民共和国药典》收录及现代文献研究等进行归纳总结,对山药产地加工情况进行整理与分析,以期为保障其药材质量和产地加工规范化提供参考。

1 山药产地加工的本草沿革

1.1 山药产地加工的本草记载

传统山药产地加工方法包括刮皮、清洗、水浸等预处理技术和晒干、风干、烘干等干燥技术,详细本草古籍记载情况整理于表 1。山药的产地加工方法始载于《名医别录》“二月、八月采根,曝干”;《雷公炮炙论》中“用铜刀削去上赤皮,洗去涎,蒸用”首次记载蒸用的方法;至唐代《新修本草》“晒干捣细,筛为粉”,出现山药磨粉的加工方法;白矾浸后焙干的加工方法始于宋代《本草图经》“刮去黄皮,以水浸,末白矾少许掺水中,经宿取净,洗去涎,焙干”;明代《本草汇言》记载:“采得以钢刀刮去赤皮,洗去涎,再蒸过,晒干用”,提出蒸后晒干的加工方法;至清代《本草述钩元》记载:“微火烘干,如以理脾”,表明微火烘干的方式被广泛应用。

表 1 历代本草古籍所记载山药产地加工方法

典籍/朝代	原文	加工方法
《名医别录》 ^[14] (南北朝)	曝干	曝干
《雷公炮炙论》 ^[15] (南北朝)	用铜刀削去上赤皮,洗去涎,蒸用	刮皮 - 清洗 - 蒸煮
《新修本草》 ^[16] (唐代)	晒干捣细,筛为粉	晒干 - 捣细 - 磨粉
《本草衍义》 ^[17] (宋代)	用竹子刮去皮,于檐下风处,盛竹筛中,不得见日色。一夕干五分,俟全干收之,惟风紧则干速	刮皮 - 风干
《证类本草》 ^[18] (宋代)	刮去皮,以刀切碎,研令细烂	刮皮 - 切碎 - 研细
《本草图经》 ^[19] (宋代)	刮去黄皮,以水浸,末白矾少许掺水中,经宿取净,洗去涎,焙干	刮皮 - 白矾水浸 - 焙干
《本草汇言》 ^[20] (明代)	采得以钢刀刮去赤皮,洗去涎,再蒸过,晒干用	刮皮 - 清洗 - 蒸煮 - 晒干
《本草述钩元》 ^[21] (清代)	惟干实者入药,修合时,微火烘干	微火烘干
《本草撮要》 ^[22] (清代)	矾水煮山药晒干	矾水煮 - 晒干

1.2 山药产地加工的历史沿革

随着传统工艺发展和实践经验积累,山药加工方法也随之变革,一些具有特色的加工方式逐渐形成。山药最早的加工法是“曝干”,但是由于山药淀粉含量高,暴晒易产生裂片,影响其药材性状,在古代生产中被逐渐淘汰^[23]。“蒸煮”加工在《雷公炮炙论》中虽有提及,但在历代本草中记载较少,现代研究表明山药经蒸煮处理后其支链淀粉质量分数下降,直链淀粉

质量分数增加,使山药的黏度增大,导致山药不易储存,品质下降^[24]。“风干”的加工方式较为环保,且干燥均匀,利于储存,但干燥时间较长,后被“焙干”方式所取代。白矾外用可解毒杀虫、燥湿止痒,有防腐的效果^[25],经白矾处理,山药易存储和运输,自宋代时期起较为流行。“烘干”则可在较好保证药材品质和性状的基础上,大幅缩短山药干燥的周期,自明清以来仍被广泛沿用,为山药主要干燥方法。历代古籍中均提到“洗去涎”,此处理方法沿用至今,现代研究表明涎为山药黏液质,成分主要为多糖与蛋白质^[26],其对皮肤具有刺激性,应除去。此外,山药产地加工方式的沿革与临床应用也有着密不可分的联系,如《本草纲目》^[27]中记载用于小便数多时,山药需矾水煮过后入药;用于痰风喘急时,山药需采用鲜样捣烂入药;用于脾胃虚弱时,山药需研磨成粉后入药。

从最开始的曝干、蒸煮到风干、白矾浸后焙干,再到烘干,传统加工经验的积累使山药的加工方法愈发成熟,也为现代山药加工技术研究提供了扎实的实践经验和理论基础。

2 近现代典籍收载的山药产地加工情况

1900 年《温县志》^[28]中记载了毛山药的加工方式为切去根头,洗净,除去外皮和须根,干燥;并首次出现了对光山药的描述,其为“净水浸泡、熏、靠晾、搓拨成形,切头打光,即为成品药材”,其中记载的硫黄熏蒸技术可有效抑制病虫害和霉菌滋生,不仅利于药材储存,还能使中药材色泽鲜亮,有效提升山药性状^[29],该加工方法后收录于 1977 年版《中华人民共和国药典》。现代研究表明硫熏山药中 β -谷甾醇、腺苷、尿囊素、多糖等有效成分含量均显著降低,且易导致山药 SO_2 残留量及重金属元素严重超标^[30-31],硫熏处理逐渐被无硫加工技术所取代,自 2005 年版《中华人民共和国药典》已不再收录硫熏加工工艺。

1977—2005 年版《中华人民共和国药典》对光山药加工方法进行了详细描述,其中水浸和闷润是光山药加工过程中的重要环节,水浸通常是为了去除山药表面的杂质和淀粉,使山药变软,一般以浸至无干心为宜;闷透则有利于山药内部水分的外溢,使山药易搓成圆柱状。但水浸和闷润等加工方式均会引起山药水溶性有效成分的流失,进而导致山药品质下降。随着加工技术的不断完善,2010 年版《中华人民共和国药典》新增趁鲜切厚片的加工方式,该方法在保留有效成分、缩短生产周期、节约生产成本等方面具有明显优势^[32]。自 2015 年版《中华人民共和国药典》起则明确规定山药趁鲜切厚片干燥后为“山药片”。将近现代山药产地加工方法整理于表 2。

2020 年版《中华人民共和国药典》延续了 2015 年版《中华人民共和国药典》的收录情况,记载山药共有 3 种规格,分别为毛山药、光山药及山药片。不同规格的山药加工方式存在显著差异,毛山药、光山药加工步骤繁琐,易造成营养成分和有效成分损失^[39];山药片趁鲜加工,操作简单,品质保持较好^[40]。此外,山药加工方式不同,其药理作用也有明显差异。因此,应结合实际用途和临床需求,规范山药产地加工工艺。

3 山药产地加工的现代研究进展

随着现代科技进步和加工设备发展,山药预处理和干燥等产地加工技术也取得了长足发展。预处理技术从水洗、水浸、

硫熏等传统方式发展为漂烫处理、微波处理、超声处理、渗透脱水处理等;干燥技术则从晒干、风干等传统方式发展为热风干燥、冷冻干燥、微波真空干燥、红外干燥、喷雾干燥等现代干燥方式。近年来,还逐渐形成了产地加工一体化的加工方式,不仅可以缩短山药干燥周期,还可保持其外观性状,保障其药材品质。

表 2 近现代典籍收录的山药产地加工方法

典籍	原文	加工方法
《温县志》 ^[28] (民国)	“……净水浸泡、熏、靠晾、搓拨成形,切头打光,即为成品药材(也称成货或光货)……”。	记载山药硫熏技术
《中华人民共和国药典》1963 年 ^[33]	切去根头,洗净泥土。用竹刀或铜刀削净外皮及须根、烘干或晒干,即为毛山药;选择肥大顺直的毛山药,用清水浸匀,保持湿润闷透,刮去疙瘩,然后用木板搓揉,使成圆柱状,切齐两端,晒干后打光,即为光山药。	明确毛山药、光山药两种规格加工方法
《中华人民共和国药典》1977—2000 年 ^[34-35]	切去根头,洗净,除去外皮及须根,用硫磺熏后,干燥;也有选择肥大顺直的干燥山药,置清水中,浸至无干心,闷透,用硫磺熏后,用木板搓成圆柱状,切齐两端,晒干,打光,习称“光山药”。	从 1977 年版开始对水浸提出新要求:浸至无干心,并加入硫黄熏蒸
《中华人民共和国药典》2005 年 ^[36]	切去根头,洗净,除去外皮及须根,干燥;也有选择肥大顺直的干燥山药,置清水中,浸至无干心,闷透,切齐两端,用木板搓成圆柱状,晒干,打光,习称“光山药”。	不再收录硫熏加工工艺
《中华人民共和国药典》2010 年 ^[37]	切去根头,洗净,除去外皮及须根,干燥,或趁鲜切厚片,干燥。余同 2005 年。	新增趁鲜切厚片的加工方法
《中华人民共和国药典》2015—2020 年 ^[1,38]	切去根头,洗净,除去外皮及须根,干燥,习称“毛山药”;或除去外皮,趁鲜切厚片,干燥,称为“山药片”。余同 2005 年。	2015 年版新增“山药片”

3.1 现代产地加工技术

3.1.1 预处理技术 预处理是在物料干燥前的处理加工工序,可以加快物料干燥速率、保持物料色泽、减少有效成分损失、降低能耗。山药中富含多酚类物质,极易在多酚氧化酶的作用下转化为棕色色素,引起山药表皮变黑^[41],导致外观和营养价值降低。山药经过预处理加工后,在抑制褐变反应的同时亦可提高其干燥速率,显著提升山药品质,已成为山药产地加工过程中的重要环节,对山药现代预处理技术整理概括如下。

漂烫预处理是指物料经热水高温处理的过程,其不仅可以显著抑制酶活性,较好地保持物料原有品质,还可以加快干燥速率^[42]。研究表明山药片经漂烫预处理后进行热风干燥,干燥时间缩短 30% 左右,干燥效率显著提升^[43]。漂烫处理还可与护色剂联用进而改善山药品质,如淮山药片经 60 ℃ 热烫 6 min 后冷却至室温,利用 0.06% L-抗坏血酸、0.02% D-异抗坏血酸钠、0.24% 柠檬酸的复合护色液浸泡 1.5 h,得到的样品色泽润白、质地脆嫩、无异味、空气中较长时间存放不变色^[44]。

微波预处理可直接作用于加热物料,引起内部极性分子剧烈运动,产生热能以促进水分子蒸发,加快干燥过程的同时还有防霉、杀菌、保鲜等作用^[45]。研究发现随着微波预处理时间

的增加,干燥时间逐渐缩短,水分扩散系数逐渐增大,山药热风干燥速度显著提升,与此同时,微波预处理还可以保持 L-抗坏血酸的含量,有效提升山药品质^[46]。

超声预处理则可通过空化和机械效应在物料内部形成微通道和孔隙,促进水分迁移,具有耗时短、耗能低、效率高等特点^[47],被广泛应用于中药材干燥前处理。如薛扬等^[48]探究超声预处理联合热泵干燥技术对铁棍山药品质特性的影响,发现经超声处理后,山药表面孔隙变大,利于水分的散失,干燥速率加快,且超声的强化效应随着超声功率的升高而提升。

渗透脱水具有降低物料初始含水量、缩短干燥时间、减少能耗、保持营养质量等优势^[49]。研究表明山药经含蔗糖溶液的脉冲真空渗透脱水预处理后,未冻水的含量提高,使山药的介电常数和损失因子大于未处理样品,经与微波冷冻干燥技术联用,山药多酚含量显著增加,颜色保留也更好,干燥时间明显缩短,平均干燥率明显提升^[50]。

超高压技术是一种新型的非热物理加工技术,在大黄^[51]、天麻^[52]等中药材有效成分的提取加工中已有广泛应用。因该技术同时具有杀菌、灭酶、改善物料质构等显著优势,能较好保持物料营养成分、色泽和风味^[53],在中药材产地加工应用前景广阔。该技术在山药产地加工中已有少量研究,如纵伟等^[54]研究发现 600 MPa 处理 10 min 能有效抑制鲜切山药片的酶活性和微生物数量,有效防止山药褐变和霉变,利于后续山药的干燥加工。

3.1.2 干燥技术 干燥是中药材产地加工过程中最重要的技术环节,是影响中药材品质形成和药用价值实现的关键^[55]。尤其对于山药等含水量高、易发生腐烂、变质的中药材,选择合适的干燥技术尤为重要。目前,山药现代干燥技术主要包括热风干燥、冷冻干燥、真空干燥、红外干燥等。

热风干燥具有操作简便、成本低等优点,是最为常用的中药材产地干燥加工技术^[56]。热风干燥为目前山药规模化生产的首选方式,现阶段针对山药热风干燥的研究主要围绕相对湿度、温度和风速等条件优化而系统展开,如巨浩羽等^[57]优化得出相对湿度 50% 保持 10 min 后降为 40%,而后每隔 20 min 降低 10%,最终降至 10%,该条件下的山药平均水分扩散系数、明亮度、复水比和多糖含量均达到最大值,能耗达最低值,且内部形成较明显的水分扩散迁移孔道,得到的山药品质最佳。陈艳珍等^[58]研究风速和温度对怀山药干燥速率及品质的影响,发现随着风速及温度的升高,干燥速率加快,其中干燥温度 50~65 ℃,干燥风速 0.2~0.4 m/s 为最佳条件范围,这些前期研究为山药热风干燥规范化生产提供理论依据。

微波真空干燥具有干燥效率高、有效成分保留高等优点^[59],近年来在山药干燥加工中也有应用。如 ZHANG F J^[60]研究了山药片微波真空干燥过程的干燥特性、山药品质,结果提升微波功率并保持较高的真空度可以加快山药干燥速率和保证山药品质,其最佳工艺参数为微波功率为 350 W,真空腔压力为 5 kPa。但因该技术耗时长、能耗高等现实因素,制约了其在山药生产加工的实际应用。

远红外干燥技术是使物料化学键共振产生热量并进行加热的干燥方式,该方法能量效率高、传热速率快,可以较好地保

持物料品质^[61]。如周四晴等^[62]分析怀山药红外干燥过程中的水分变化规律,发现切片厚度是影响怀山药远红外干燥过程中水分迁移的重要因素,随着厚度的下降,远红外辐射热效应不断增强,干燥速率明显提升,4 mm的怀山药干燥效果最好,可为山药红外干燥的技术优化提供数据支持。

喷雾干燥技术具有传热速率快、料温需求低等优点,常用于中药制剂^[63]、药物制粉^[64]等,山药作为常用的“药食同源”资源,山药粉被广泛用于日常保健,喷雾干燥技术在山药粉干燥过程中已有广泛应用。如王文秀等^[65]对山药喷雾干燥过程中热空气流量、进风温度和料液可溶性固形物含量等技术指标进行优化,发现在进风温度 180 ℃,料液可溶性固形物含量 16%,热空气流量为 0.50 m³/min,料液进口温度 60 ℃的条件下,可达最大山药出粉率。

冷冻干燥常与真空技术结合用于物料脱水干燥,以提高干燥效率、减少能量消耗,干燥后的物料可保持良好的产品感官和营养品质^[66]。近年来,该技术在山药干燥加工中有少量应用,如聂希瑞等用真空冷冻干燥加工的山药,较好保留了可溶性糖和蛋白质等物质成分。

3.2 产地加工对山药品质影响的研究

产地加工是中药材生产的关键环节,对中药材质量的影响尤为重要。不同产地加工方法对山药形状、色泽、表面特征、气味等外观性状和尿囊素、多糖、酚类等内在质量指标及临床疗效均有显著影响。

3.2.1 预处理对山药品质影响的研究 不同预处理方式可引起山药品质差异,归纳现代研究发现不同的预处理方式可对山药干燥特性、外观性状及化学成分等指标产生显著影响。

(1)干燥特性:干燥特性包括干燥速率及水分变化等,能直观反映干燥时间的长短。谭宏渊等^[67]通过对比超高压、冷冻、高压静电场 3 种预处理方式联合热风干燥对山药干燥特性的影响,发现不同预处理均可减少山药样品的弛豫时间和自由水比例,加快其干燥速度,其中冷冻预处理对干燥效率的提升最为显著,其比未处理样品干燥时间缩短了 27.27%。

(2)外观性状:山药中富含酚类物质,易引起酶促褐变,因此色泽通常作为山药品质评价的重要指标,通过预处理技术,可有效保持山药色泽,如张记^[68]对比热烫和护色预处理后真空冷冻干燥后山药色泽的变化,热烫处理 3min 的山药样品白度指数最高(81.709),褐变指数最低(15.491),更利于其色泽保持。风味、表面特征等指标亦可反映山药的品质,对超高压、冷冻、高压静电场等不同预处理方式对山药风味和微观结构的影响进行比较,发现超高压处理可以较好地保留山药风味物质,高压电场处理的山药样品细胞结构破坏程度则较小^[67]。

(3)内在品质:化学成分含量是反映山药内在品质的重要指标,对铁棍山药经超声波辅助渗透处理后干燥与单渗透处理后干燥的化学成分含量差异进行分析,发现山药经超声波辅助渗透处理后其酚类物质含量显著提升,其丁香酸及槲皮素含量分别较单溶液渗透处理提高 26.35%、26.40%^[69]。复水性是新鲜药材干制后吸水恢复原来新鲜程度的能力,可以间接评价山药质地,探讨渗透、漂烫和超声预处理对山药复水性的影响,

发现 3 种预处理均能提高山药的开孔率,从而提高其复水性,其中超声预处理后山药孔隙呈均匀海绵状、开放孔隙率最高,漂烫预处理孔隙形状最不规则,渗透处理样品的开口孔隙率低于超声与漂烫预处理,但仍是未处理样品的 1.41 倍^[70]。

综上所述,预处理技术对山药的外观性状及内在品质均有显著影响,探索科学合理的预处理技术,将其与干燥技术进行高效联用已成为未来山药产地加工的重点攻关方向。

3.2.2 干燥对山药品质影响的研究 山药的干燥加工是其品质形成最为重要的环节,不同干燥方式在直接影响山药干燥效率的同时还会对其外观性状、内在成分产生显著影响,并影响到山药的药效活性及临床应用。

(1)干燥特性:孟建升等^[71]对比中短波红外干燥、真空脉动干燥、气体射流冲击干燥 3 种干燥方式对山药水分比、干燥速率的变化规律,发现气体射流冲击干燥加工的山药水分扩散系数最大,为 1.19 × 10⁹ m²/s,干燥用时最短,最适宜于山药片的干燥。

(2)外观性状:针对热风干燥、微波干燥、真空干燥、红外干燥和微波真空干燥等不同干燥方式对山药外观性状的影响进行研究,发现微波真空干燥加工的山药样品白度指数最高,且与热风干燥、远红外干燥及微波干燥后的样品出现断裂相比,其性状破坏程度较低,具有明显的蜂窝状微观孔隙结构^[72]。对比真空冷冻干燥、真空干燥及热风干燥等对山药色泽、硬度及微观结构的影响,发现真空冷冻干燥色差值最小,色泽和性状保持均最好^[73]。

(3)化学成分:尿囊素、多糖、薯蓣皂苷元等是山药发挥临床药效的重要物质基础,不同干燥处理会引起化学成分的显著差异。如陈雪涛^[74]对比风干、晾干、热风干燥、冷冻干燥对山药化学成分的影响,发现经热风干燥处理后山药尿囊素、总酚等药效成分含量较高;冷冻干燥处理后,山药淀粉等营养物质含量较高,这为不同用途山药产地加工技术的选择提供了参考。陈红惠等^[75]对比热风干燥、真空干燥、微波干燥、真空冷冻干燥等不同干燥方式对山药多糖及酶活性的影响,发现真空冷冻干燥多糖保留率最高,含量可达 18.07%,过氧化物酶及多酚氧化酶活性低、色泽洁白、感官品质最佳。

(4)药效活性:山药具有免疫调节、降血糖及胃肠道调节等临床疗效,合理的加工方法是保障山药临床药效的基础。如侯婧霞等^[76]对山药一体化加工(山药切片厚度 7 mm,80 ℃热风干燥 7 h)和传统加工方式对山药药效的影响进行对比研究,以廓清指数、脾脏指数、胸腺指数、胃排空率、小肠推进率等为指标,比较两种方式加工山药对小鼠免疫功能和脾虚小鼠胃肠道功能的影响,结果表明一体化加工生产的山药在增强免疫和调节胃肠道功能方面均有更显著的效果。

4 结论与展望

山药作为我国传统药食两用资源,其产业发展迅速,有关山药品种、活性成分和药理活性的研究日益增多,这为山药品质提升、饮片质量保障和产品开发提供了参考。但由于山药品种、产地和用途差异性的影响,山药产地加工技术缺乏规范性和统一性,不同产地加工方法对山药外观性状及内在质量均有

显著影响。因此,本文归纳本草古籍、《中华人民共和国药典》和现代文献研究,对山药主要的预处理和干燥技术等进行归纳总结,并对不同产地加工方式对山药品质的影响进行初步梳理,以期为山药的规范化生产和深入研究提供参考。

山药的产地加工方法从传统的晒干、烘干到趁鲜切片后干燥,再到联合加工等现代加工方式,其技术手段逐渐成熟,效率也越来越高,然而产地加工技术对山药干燥特性、外观性状、内在品质及药效活性等品质指标的综合评价研究尚需深入。因此,采用低场核磁、质谱、扫描电镜等分析方法,明确产地加工对山药水分特性、外观性状的影响;结合代谢组学和生物学方法,研究山药产地加工过程中药效物质基础和酶活性的变化规律,对阐释山药产地加工原理、保障山药质量及规范产地加工方法具有重要意义,是山药研究的未来趋势。

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: 30.

[2] 洪镇涛. 山海经[M]. 上海:上海大学出版社,2012: 50.

[3] 冯文明,韩竹箴,王峥涛. 山药化学成分研究[J]. 中草药,2018, 49(21): 5034-5039.

[4] MENG X L,WANG B,LV C Z,et al. Quantification of Chinese yam processing methods based on pyrolysis characteristics and its relation to Maillard reaction[J]. Chinese herbal medicines,2019, 12(1): 56-66.

[5] OU-YANG S H,JIANG T,ZHU L,et al. Dioscorea nipponica Makino: a systematic review on its ethnobotany, phytochemical and pharmacological profiles [J]. Chemistry Central Journal, 2018, 12(1): 57.

[6] GONG L X,HU L L,LIU F Y,et al. Domestic cooking affects the prebiotic performances of Chinese yam [J]. Foods, 2022, 11(23): 3794.

[7] 陈若冰,张丽艳,梁茂新. 山药潜在功能的考察与分析[J]. 中华中医药学刊,2017,35(7):1837-1839.

[8] 李长滨,牛畅炜,苏丽,等. 不同产地山药的近红外鉴别和差异分析[J]. 食品研究与开发,2022,43(15): 175-181.

[9] 冯学锋,黄璐琦,格小光,等. 山药道地药材形成源流考[J]. 中国中药杂志,2008;33(7): 859-862.

[10] 天地云图中药材大数据. 中药大数据评测/山药行情回落,后市能否继续上涨? [EB/OL]. [https://baijiahao. baidu. com/s? id=1738925267667654099&wfr=spider&for=pc](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1738925267667654099&wfr=spider&for=pc),2022-07-21.

[11] FAN D L,ZHONG H L,HU B,et al. Agro-ecological suitability assessment of Chinese medicinal yam under future climate change [J]. Environmental geochemistry and health, 2020, 42(3): 987-1000.

[12] 王华芬,王强,刘双燕,等. 不同品种山药粉中游离氨基酸和水解氨基酸含量分析[J]. 安徽农业科学,2022,50(14): 164-166,173.

[13] MIYOSHI N,NAGASAWA T,MABUCHI R,et al. Chemoprevention of azoxymethane/dextran sodium sulfate-induced mouse colon carcinogenesis by freeze-dried yam sanyaku and its constituent diosgenin[J]. Cancer prevention research,2011,4(6): 924-934.

[14] 陶弘景. 名医别录[M]. 北京:中国中医药出版社,2013: 26.

[15] 雷敩. 雷公炮炙论[M]. 上海:上海中医学院出版社,1986: 42.

[16] 苏敬. 新修本草(辑校本)[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2005: 158.

[17] 寇宗奭. 本草衍义[M]. 北京:中国医药科技出版社,2012: 47.

[18] 唐慎微. 证类本草[M]. 上海:上海古籍出版社,1991: 160.

[19] 苏颂. 本草图经[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1994: 146.

[20] 倪朱谟. 本草汇言[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005.

[21] 杨时泰. 本草述钩元[M]. 上海:科技卫生出版社,1958: 425.

[22] 陈其瑞. 本草撮要:卷四[M]. 清光绪二十八年资生堂刻本,1902: 45.

[23] 田甜,赵雅琦,王清,等. 不同贮藏期对鲜切菜山药和铁棍山药货架期品质的影响[J]. 食品工业科技,2023,44(18): 1-20.

[24] GONG L X,HU L L,FENG D N,et al. Effects of different household cooking methods on the biological properties of Chinese yam [J]. Food chemistry,2021(12):363.

[25] 马浩文,赵启苗,单国顺,等. 白矾炮制历史沿革及现代研究概况[J]. 中国现代中药,2021,23(3): 562-566.

[26] 李晓静. 怀山药黏液的物化性质及应用[D]. 开封:河南大学,2022.

[27] 李时珍. 本草纲目[M]. 第3册. 北京:人民卫生出版社,1979: 1676.

[28] 温县志编纂委员会. 温县志[M]. 北京:光明日报出版社,1991: 408.

[29] 蒋士鹏,余乐,李冰岚,等. 不同加工处理方法对中药SO₂残留量控制的方法研究[J]. 中华中医药学刊,2011, 29(8): 1871-1872.

[30] 王伟伟,席啸虎,张小慧. 近红外光谱技术快速鉴别山药硫熏情况模型的建立[J]. 时珍国医国药,2018,29(8): 1888-1890.

[31] 张红伟,王晓燕,李振国,等. 山药饮片中外源性有害物质残留情况分析[J]. 中国药事,2019,33(7): 746-753.

[32] 李朋月,景永帅,庞心悦,等. 山药的加工及炮制研究进展[J]. 亚太传统医药,2022,18(6): 202-206.

[33] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:人民卫生出版社,1963: 23.

[34] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:人民卫生出版社,1977: 72.

[35] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:化学工业出版社,2000: 22.

[36] 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,2005: 41.

[37] 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,2010: 27.

[38] 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,2015: 118-119.

[39] SHI K W,WU X J,MA J W,et al. Effects of planting and processing modes on the degradation of dithianon and pyraclostrobin in Chinese yam (Dioscorea spp.) [J]. Journal of agricultural and food chemistry,2017,65(48): 10439-10444.

[40] 马蕊,王露露,陈随清. 山药商品规格及其质量特性分析[J].

- 中成药,2020,42(7):1936-1942.
- [41] PENG X Y,DU C,YU H Y,et al. Purification and characterization of polyphenol oxidase (PPO) from water yam (*Dioscorea alata*) [J]. *Cyta-journal of food*,2019,17(1):676-684.
- [42] OSHIMA T,KATO K,IMAIZUMI T. Effects of blanching on drying characteristics,quality,and pectin nanostructures of dried cut-persimmons[J]. *Lwt-food science and technology*,2021(1):143.
- [43] FANG S,WANG L P,WU T. Mathematical modeling and effect of blanching pretreatment on the drying kinetics of chinese yam (*Dioscorea opposita*) [J]. *Chemical industry & Chemical engineering quarterly*,2015,21(4):511-518.
- [44] 谷绒,万国福,陶琛昊. 鲜切淮山药防褐变技术[J]. *食品工业*,2019,40(12):161-165.
- [45] CHITRAKAR B,ZHANG M,FAN D C. The synergistic effect of ultrasound and microwave on the physical,chemical,textural,and microstructural properties of vacuum fried Chinese yam (*Dioscorea polystachya*) [J]. *Journal of food processing and preservation*,2019,43(9):901-905.
- [46] ABANO E E,AMOAH R S. Microwave and blanch-assisted drying of white yam (*Dioscorea rotundata*) [J]. *Food science & Nutrition*,2015,3(6):586-596.
- [47] ALIFAKI Y O,SAKIYAN O,ISCI A. Extraction of phenolic compounds from cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit using ultrasound,microwave,and ultrasound-microwave combination methods [J]. *Journal of food measurement and characterization*,2022,16(5):4009-4024.
- [48] 薛扬,刘恩宠,耿鸣阳,等. 铁棍山药超声强化热泵干燥的品质特性研究[J]. *食品与发酵工业*,2023,49(3):234-242.
- [49] GRZELAK-BŁASZCZYK K,GRZEGORZEWSKA M,KLEWICKI R. Retention of flavonols in onions after osmotic dehydration[J]. *Lwt-food science and technology*,2021(1):150.
- [50] LI L L,ZHANG M,SONG X N,et al. Changes in unfrozen water content and dielectric properties during pulse vacuum osmotic dehydration to improve microwave freeze-drying characteristics of Chinese yam[J]. *Journal of the science of food and agriculture*,2019,99(14):6572-6581.
- [51] 杨海源,张敏娟. 基于超高压微波消解的 ICP-MS 法测定大黄中 7 种有害元素及初步风险评估[J]. *药物分析杂志*,2021,41(5):852-860.
- [52] 丁惠,陈衍男,刘田园,等. 响应面法优化超高压提取天麻中酚类成分工艺 [J]. *辽宁中医杂志*,2019,46(12):2624-2628,2690.
- [53] WANG C,ZHANG L H,QIAO Y,et al. Effects of ultrasound and ultra-high pressure pretreatments on volatile and taste compounds of vacuum-freeze dried strawberry slice [J]. *Lwt-food science and technology*,2022(10):160.
- [54] 纵伟,刘凤珠,李军辉. 超高压处理对鲜切山药片质量的影响[J]. *中国农学通报*,2006(11):334-337.
- [55] LI Y H,WANG X C,WU Z F,et al. Dehydration of hawthorn fruit juices using ultrasound-assisted vacuum drying [J]. *Ultrasonics sonochemistry*,2020(1):68.
- [56] 焦焕然,张敏敏,赵恒强,等. 不同热风干燥方式对瓜蒌化学成分的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*,2021,27(23):137-144.
- [57] 巨浩羽,赵士豪,赵海燕,等. 阶段降湿对山药热风干燥特性和品质的影响[J]. *中草药*,2021,52(21):6518-6527.
- [58] 陈艳珍,任广跃,张仲欣,等. 怀山药无硫护色及热风干燥研究[J]. *农产品加工(学刊)*,2009(10):89-92,96.
- [59] 郭鑫,乔宇航,朱春璐,等. 微波真空干燥对胆黄连配方颗粒中间体生物碱类成分的影响研究[J]. *中南药学*,2020,18(4):676-679.
- [60] ZHANG F J,WANG X,XIN L D,et al. Moisture diffusion modelling and effect of microwave vacuum drying on drying kinetics and quality of yam [J]. *International Food Research Journal*,2023,30(3):626-639.
- [61] 万芳新,罗燕,李武强,等. 不同预处理方式对枸杞子远红外干燥特性和品质的影响[J]. *中草药*,2020,51(16):4183-4190.
- [62] 周四晴,段续,任广跃,等. 厚度控制对怀山药远红外干燥过程中水分迁移的影响[J]. *食品与机械*,2019,35(12):75-81.
- [63] 谢谭芳,何结思,程哲,等. 滇桂艾纳香配方颗粒喷雾干燥工艺的优化[J]. *中成药*,2022,44(5):1575-1579.
- [64] 戴胜云,杨茂蕊,李文静,等. 喷雾干燥在中药粉体研究中的应用进展[J]. *中国实验方剂学杂志*,2022,28(14):200-208.
- [65] 王文秀,张凡,于倩楠,等. 助干剂辅助喷雾干燥制备山药粉工艺优化研究[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*,2021,41(1):121-128.
- [66] 李霓冰,邓青,谭苑芬. 不同产地白芍的成分的含量测定及质量评价[J]. *实用中医内科杂志*,2023,37(8):133-135.
- [67] 谭宏渊,凌玉钊,黄丽琪,等. 不同预处理对热风干燥山药片品质特性及微观结构的影响[J]. *食品工业科技*,2023,44(20):1-20.
- [68] 张记. 山药切片真空干燥特性及模型研究[D]. 重庆:西南大学,2021.
- [69] 刘秋华,贺帆,刘艺婷,等. 超声波辅助渗透脱水预处理对山药干燥特性及品质的影响[J]. *食品科技*,2023,48(4):110-118.
- [70] WANG H,DUAN X,ZHAO L J,et al. Effects of different pretreatments on the pore structure of Chinese yam during microwave freeze drying[J]. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*,2020,13(4):232-237.
- [71] 孟建升,蒋俊春,郑志安,等. 3 种干燥方式对山药片干燥动力学和品质的影响[J]. *中草药*,2019,50(11):2575-2582.
- [72] LI Q M,XIA L,WANG F,et al. Comparison of different drying methods on Chinese yam: changes in physicochemical properties, bioactive components, antioxidant properties and microstructure [J]. *International Journal of Food Engineering*,2020,16(9):910-914.
- [73] 高琦,陈佳男,张建超,等. 基于灰色关联分析法综合评价不同干燥方式对山药脆片品质的影响[J]. *食品工业科技*,2018,39(16):6-12.
- [74] 陈雪涛. 富含淀粉中药材山药和浙贝母的干燥研究[D]. 天津:天津大学,2017.
- [75] 陈红惠,张鲁梅. 不同干燥方式对山药品质的影响[J]. *食品工业*,2020,41(11):195-199.
- [76] 侯婧霞,丁厚伟,朱星宇,等. 不同加工工艺山药药效对比研究[J]. *中药材*,2019,42(1):74-77.