DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.02.051

干燥对不同药用部位中草药化学成分影响的研究进展

孙怀竹,梁金玲,许天阳,于澎
(长春中医药大学,吉林 长春 130117)

摘要:中药材趁鲜加工较传统加工具有提高生产效率、降低生产成本、减少有效成分损失和便于仓储运输等优势。产地加工是中药材品质形成的关键技术环节,不同产地加工方法对中药材外观性状及内在质量等均有一定的影响。干燥是中药材和饮片加工过程中的关键环节之一,产地加工干燥方法及干燥工艺参数对中药饮片的质量有着极为重要的影响,不同药用部位之间有着干燥方式与干燥温度之间的差异。按照药用部位进行分类,根及根茎类中药材一般在60 ℃左右的低温下干燥,叶类和全草类及花类中药材不宜高温干燥,因会采用阴干传统加工方法或采用低温干燥,部分皮类中药材多富含挥发油主要干燥方法为低温干燥和冷冻干燥等,种子与果实类中药材一般为低温干燥。通过对中药材产地加工技术进行梳理和梳理,总结了干燥对中药"一体化"过程中化学成分的影响,亟须寻求科学合理的产地加工方法,为后续研究产地加工方向提供参考。

关键词:干燥方法;不同药用部位;化学成分
中图分类号:R284.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2025)02-0246-05

Research Progress on Effect of Drying on Chemical Components of Different Medicinal Parts of Chinese Herbal Medicine

SUN Huaizhu, LIANG Jinling, XU Tianyang, YU Peng
(Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, Jilin, China)

Abstract: Processing Chinese medicinal materials while they are fresh has advantages over traditional processing, such as improving production efficiency, reducing production costs, minimizing the loss of active ingredients and facilitating storage and transportation. Origin processing is a key technical link in the formation of the quality of Chinese medicinal materials, and different origin processing methods have a certain impact on the appearance and internal quality of Chinese medicinal materials. Drying is one of the key processes in the processing of traditional Chinese medicine and decoction pieces. The drying methods and process parameters in the production area have a significant impact on the quality of traditional Chinese medicine decoction pieces, and there are differences in drying methods and temperatures among different medicinal parts. This article classified Chinese medicinal materials according to their medicinal parts. Roots and rhizomes are generally dried at a low temperature around 60 ℃, while leaves, whole grass and flowers are not suitable for high-temperature drying as traditional processing methods such as shade drying or low-temperature drying are used. Some skin type Chinese medicinal materials are rich in volatile oil, and the main drying methods are low-temperature drying and freeze-drying. Seed and fruit type Chinese medicinal materials are generally dried at low temperature. Through sorting out and summarized the processing technology of origin processing of traditional Chinese medicine, the influence of drying on the chemical components of traditional Chinese medicine in the "integration" process was analyzed. It is urgent to seek scientific and reasonable origin processing methods to provide reference for future research on origin processing processing directions.

Keywords: drying methods; different medicinal parts; chemical components

我国对于中草药干燥的研究历史悠久,早在《神农百草经》中就有"阴干、曝干"等有关干燥的记载[1]。现代对于中药材的干燥方法主要有鼓风干燥法、冷冻干燥法、微波干燥法等。中药饮片产地加工与炮制生产一体化加工操作规程中的技术流程可以看出,除特殊药材需要鲜用以外,无论中药的入药部位是根及根茎类、全草类、果实种子类还是皮类,都有相同的步骤——干燥[2]。干燥是中药材加工过程中的关键环节之一,干燥方法及干燥工艺参数对中药材和饮片的质量有着极为重要的影响,不同干燥方法对中药中各类成分的影响不同[3]。

传统中药饮片加工过程为新鲜中药经过净制干燥成中药材,在经过回润后切制干燥加工为饮片。而趁鲜加工即新鲜药材或经一定方式处理后直接切成片、块、段、瓣等,再干燥的加工方式,这种方式省略了二次回水的步骤,避免了药材在缓慢干燥过程中及在浸润过程中活性成分的流失,在一定程度上保证了药材质量[4]。中药饮片产地加工与炮制生产一体化(简称"一体化")是将中药材产地加工环节和中药炮制有机结合,以减少生产重复环节、提高饮片质量,加强中药饮片生产过程

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20230204034YY,20210204035YY)
作者简介:孙怀竹(2000-),女,吉林延边人,硕士在读,研究方向:中药炮制关键技术及科学内涵。
通讯作者:许天阳(1979-),男,吉林长春人,讲师,硕士,研究方向:中药质量标准。E-mail:xuty13894895121@163.com。
于澎(1978-),男,吉林长春人,教授,博士研究生导师,硕士,研究方向:中药炮制学。E-mail:yupengcczy@163.com。

质量控制,建立一体化生产关键技术体系。一体化概念的提出,旨在通过改变传统的加工模式,从源头保证饮片质量,以提高饮片临床安全和疗效。截至 2023 年 6 月,全国 21 个省市提出中药材趁鲜切制品种共有 226 种,其中根及根茎类药材有 108 种,全草及叶类药材有 56 种,皮类药材有 12 种,花类药材有 2 种,果实及种子类药材有 16 种,其他类药材有 32 种。但是这 226 种趁鲜切制药材仅有 34 种中药材在《中华人民共和国药典》(2020 版)出现相应的炮制规范,产地加工中药材的干燥方法种类庞杂良莠不齐,部分方法干燥耗时长,干燥效率差,没有统一的标准,缺乏规范化、标准化,不利于中药材的规范化和标准化干燥。为了提高中药材的质量,促进根茎类中药材的规范化干燥,迫切需要探求出一种高效、规范的中药材的干燥方法。本文通过对近几年中药材干燥探究的相关文献归纳综述,旨在探究出一种高效、规范的中药材的干燥方法,为中药材的干燥提供思路。

干燥是中药材和饮片加工过程中的关键环节之一,产地加工干燥方法及干燥工艺参数对中药饮片的质量有着极为重要的影响,随着干燥温度的升高,防风饮片样品中 4 种色原酮总含量呈上升趋势[5];野生甘松随着温度的升高,挥发油含量总体呈现下降的趋势[6];热风干燥时槲皮素转移率随着干燥温度增加而升高[7]。近年来,随着中药材生产过程工业化程度的深化,现代干燥技术如热风干燥、远红外干燥和微波干燥等,因表现出生产效率高、干燥条件可控和产品质量稳定等优点,被逐渐应用于中药材干燥加工中[8]。对于中药饮片来说趁鲜加工主要影响因素为干燥,因此本文通过干燥对趁鲜加工的中药材不同入药部位的影响进行综述,为后续的产地趁鲜加工规模化生产提供参考。

1 干燥对中药不同入药部位的影响

1.1 干燥对根及根茎类药材的影响 新鲜根茎类中药材初始含水率较高,干燥过程中水分去除不当易导致中药材腐败变质变色、生虫蚁;温度过高会引起中药材内部水分梯度失衡并发生褐变反应,导致有效成分损失,影响中药材整体质量水平及临床使用效果[9-10]。大部分根及根茎类药材在趁鲜加工中会经过两次干燥,趁鲜加工步骤为鲜药材—干燥至一定程度—切制—干燥—中药饮片,由此看出干燥对于产地加工中根茎类药材起到重要作用。一般来说,产地加工少有根茎类药材的干燥方法,而采用阴干、晒干等这些自然干燥方法,自然干燥主要缺点是干燥时间较长,干燥过程中的自然条件不可控,遇到阴雨天气干燥不及时易导致中药材发生霉变、褐变、虫蚁病害的滋生或微生物严重超标,难以达到标准卫生指标,且容易因尘土等造成二次污染。

宋来辉等[3]对阴干、晒干、冷冻干燥、微波干燥和鼓风干燥(40~80 ℃)制得的人参饮片进行研究,通过测定不同样品中总多糖、总黄酮,总酚、人参皂苷(Rg_1、Re、Rf、Rb_1、Rc、Rb_2、Rb_3、Rd)含量,探究干燥对人参饮片的影响。结果显示,总多糖含量在低温鼓风干燥与冷冻干燥样品中总多糖含量略高于其他干燥方法样品。总黄酮含量在鼓风干燥 40 ℃时最高;鼓风干燥 40 ℃样品中总酚含量在不同干燥温度样品中最高;低温干燥饮片中总皂苷及各皂苷含量高于其他温度干燥饮片。在不同干燥方法的对比中可以发现,冷冻干燥饮片总皂苷及其他皂苷含量最高,低温(40~50 ℃)鼓风干燥和阴干等温和干燥方法所得到饮片中总皂苷和各皂苷含量也较高,微波干燥饮片最低。辛二旦[11]通过晒干、阴干、真空干燥、真空冷冻干燥、电热鼓风干燥 55 ℃得到的大黄饮片对其进行外观性状评分、成型率、水溶性浸出物、结合蒽醌衍生物、游离蒽醌衍生物含量综合评分,得到大黄饮片的最佳干燥工艺。结果显示,大黄鲜药材宜在 40 ℃烘至含水量为 35 % 时切制。由综合评分可知,大黄趁鲜切制饮片采用电热鼓风干燥时,综合评分最高;大黄趁鲜切制饮片在 60 ℃干燥时,各项评价指标达峰值,综合评分最高,因此大黄趁鲜切制饮片宜采用电热鼓风干燥法在 60 ℃烘干。宋丹妮等[12]测定延胡索乙素等 8 种生物碱的溶出量,探究晒干、烘干、真空干燥和真空冷冻干燥 4 种不同干燥方法对药材部成分溶出量。结果显示:在 0~20 min 水提液中,真空冷冻干燥总溶出量和溶出速率高于烘干、晒干及真空干燥。8 种成分总溶出量在 40、60、90、120 min 时大小顺序均为烘干 > 真空干燥 > 晒干 > 真空冷冻干燥。但临床中药煎煮时间一般为 20~30 min,因此临床煎煮宜选用冷冻干燥法处理的醋制延胡索饮片。朱兴龙等[13]比较不同加工方法及干燥温度对香豆素类成分的影响,明确不同加工方法适宜的干燥温度,筛选适宜的白芷产地加工方法。烘干蒸切和鲜切干燥组样品的香豆素总量、氧化前胡素含量均表现出随着温度的上升而增加的趋势;欧前胡素及异欧前胡素在不同干燥方法中规律不同,在烘干蒸切组样品中欧前胡素及异欧前胡素均随着干燥温度的升高而增加;半鲜切干燥组样品的欧前胡素则随着干燥温度的上升而减少,异欧前胡素仍以 60 ℃干燥样品最高;鲜切干燥组样品两者含量则以 60 ℃干燥样品的含量最高,40 ℃干燥样品次之,50 ℃干燥样品最低。张雪梅[14]通过对丹参、黄芩饮片外观性状、水分含量、浸出物、灰分等各指标的变化。并利用 HPLC 对主要有效成分(丹参:迷迭香酸、丹酚酸 B、二氢丹参酮酮Ⅰ、隐丹参酮、丹参酮酮Ⅰ、丹参酮ⅡA、总丹参酮;黄芩:黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素)进行测定。实验结果表明;丹参最佳干燥工艺为:阴干至含水率 20.27% ~28.26%时,切制,60 ℃烘箱干燥;黄芩最佳干燥工艺为:自然干燥至含水率 20.45% ~25.66%时,切制,60 ℃烘箱干燥。赵禾苗等[15]对阴干、晒干、60 ℃烘干、120 ℃烘干条件下制备的黄芩饮片,通过考察黄芩苷、汉黄芩苷、黄芩素、汉黄芩素的含量以及 β-葡萄糖醛酸苷酶活性,探究干燥对黄芩饮片的影响。结果显示 120 ℃烘干 2.5 h 酶变性,有效降低 β-葡萄糖醛酸苷酶活性。

现列出以下常见根及根茎类药材鲜切中干燥方式的比较,具体见表 1。

表 1 根及根茎类药材鲜切中干燥方式的比较

中药	干燥方法	参考文献
人参	冷冻干燥法 > 低温(40~50 ℃)鼓风干燥法 > 阴干 > 微波干燥	[3]
大黄	电热鼓风干燥(60 ℃) > 晒干 > 阴干 > 真空冷冻干燥 > 真空干燥	[11]
延胡索	在 0~20 min 水提液中,真空冷冻干燥 > 烘干、晒干及真空干燥 在 40、60、90、120 min 时,烘干 > 真空干燥 > 晒干 > 真空冷冻干燥	[12]
白芷	60 ℃鲜切干燥 > 50 ℃鲜切干燥 > 60 ℃ 半鲜切干燥 > 40 ℃烘干蒸切	[13]
丹参	60 ℃烘箱干燥 > 自然干燥 > 阴干	[14]
黄芩	60 ℃烘箱干燥 > 自然干燥 > 阴干	[14]
	黄芩含有 β-葡萄糖醛酸苷酶,运用“杀酶保苷”的原理,120 ℃烘干 > 60 ℃烘干 > 晒干 > 阴干	[15]

从上述实验结果可以看出,根及根茎类中药材一般在 60 ℃左右的低温下干燥,冷冻干燥对药材中化学成分含量影响不大,但药材真空冷冻干燥是一种能耗多的干燥方法,投资高,成本高,因此在一定程度上制约了该方法的广泛应用。根茎中药材的批量干燥大多仍多采用传统的鼓风干燥法。

1.2 干燥对全草、叶类药材的影响 全草、叶类中药材饮片采集时容易叶片间粘连成块,或者结成饼。这样一来,草叶类药材结块部分比较容易发霉腐烂,因此在干燥时,宜将结成块或饼状的部分用手撕开,将叶梗叶片分开,然后薄薄地摊开晾晒,必要时可以暴晒快干,勤翻动即可[16]。但是全草、叶类饮片不适合用火烘干,容易引起燃烧,可以采用烘箱低温烘干,但也要注意勤翻动,翻动时动作要轻柔,防止全草、叶类饮片破碎[17]。

王燕萍等[18]比较不同干燥方式对淫羊藿黄酮类成分含量的影响,优选淫羊藿的最佳干燥方式。分别采用冷冻干燥、阴干、微波干燥、炒干、蒸制后阴干以及不同温度(50、75、100、125、150、175、200 ℃)烘干的方式,以淫羊藿黄酮类成分含量、醇浸出物含量、指纹图谱中共有峰峰面积与称样量的比值和(比值和)进行综合评分。结果显示,微波干燥样品的综合得分最高,其次为蒸制后阴干、阴干、70 ℃烘干,150 ℃烘干样品的综合评分最低。吴一超等[19]比较 5 种干燥方式对丹参茎叶的总酚酸和 6 种主要酚酸[丹参素,(+)-儿茶醛,咖啡酸,迷迭香酸,丹酚酸 A 和丹酚酸 B]的含量,优选丹参茎叶的最佳干燥方式。结果显示,5 种不同干燥方法处理丹参茎叶的总酚酸含量顺序为:真空冷冻干燥 > 自然阴干 > 微波干燥 > 40 ℃烘干 > 65 ℃烘干。林伟雄等[20]通过研究阴干、晒干、烘干 3 种不同干燥方法对桑叶化学成分的影响,测定桑叶中取新绿原酸、隐绿原酸和芦丁的含量熵权 TOPSIS 法对不同方法干燥的桑叶进行一致性和差异性研究。通过测定不同干燥方法的桑叶样品中芦丁含量的结果可知,晒干桑叶样品芦丁含量整体优于阴干和烘干桑叶样品。马威[21]分别采用阴干、微波干燥、红外干燥、真空干燥、红外阴干、红外真空、微波阴干和微波真空干燥杜仲叶,结果显示,真空干燥的总多酚和总黄酮含量均显著高于其他组;微波干燥总多酚和总黄酮含量最低;微波干燥和红外干燥的总多酚和总黄酮含量均显著低于阴干。红外阴干、红外真空与红外干燥相比总多酚含量明显更高,总黄酮含量虽有增加但差异性并不显著,微波真空与微波干燥相比总多酚和总黄酮含量均明显更高,说明联合干燥方法更能保留住杜仲叶的黄酮类和酚类物质,但其总黄酮和总多酚含量均略低于阴干。苏娟等[22]分别采用阴干、热风干燥、晒干、冷冻干燥干燥马蓝叶,结果显示热风干燥和晒干有利于吲哚苷水解合成靛蓝,但靛红和靛玉红的含量较低。而阴干和真空冷冻干燥样品的靛蓝含量较低,而靛玉红含量较高。阴干和热风干燥能显著提高马蓝叶药效成分的总含量,因而建议在初加工马蓝叶时使用阴干或热风干燥。肖程雨等[23]分别采用晒干、真空冷冻干燥、阴干、烘干干燥短小蛇根草,结果表明,喜树碱在晒干后含量最高,总黄酮含量在真空干燥后含量最高,粗多糖在冷冻干燥后含量最高,杀青会导致喜树碱含量普遍降低,总黄酮含量显著提高,粗多糖含量普遍降低,在实际生产中,以晒干作为短小蛇根草的首选干燥方式。高朋等[24]通过晒干、真空冷冻干燥、热风烘干干燥蒲公英叶,结果表明,真空干燥处理的蒲公英叶中总酚含量最高并且清除 DPPH、ABTS + 自由基能力最强。不同干燥处理的蒲公英叶总酚含量与抗氧化能力显著相关,考虑加工成本和干燥效果,晒干、真空干燥可作为蒲公英叶较优的干燥方法。

现列出以下常见叶类及全草类药材鲜切中干燥方式的比较,具体见表 2。

以上实验结果表明,中药材的叶子和全药材不宜高温干燥,不仅容易引起燃烧,还会造成中药材等相关化学成分含量的损失,因此大部分叶子和全药材会采用阴干等传统加工方法,大规模干燥过程中的阳光干燥和低温鼓风干燥。

表 2 叶类及全草类药材鲜切中干燥方式的比较

中药	干燥方法	参考文献
淫羊藿	微波干燥 > 蒸制后阴干 > 阴干 > 70 ℃烘干 > 150 ℃烘干	[18]
丹参茎叶	真空冷冻干燥 > 自然阴干 > 微波干燥 > 40 ℃烘干 > 65 ℃烘干	[19]
桑叶	晒干 > 阴干 > 烘干	[20]
杜仲叶	真空干燥 > 阴干 > 微波干燥 > 红外阴干、红外真空 > 红外干燥,微波真空与微波干燥相比总多酚和总黄酮含量均明显更高,说明联合干燥方法更能保留住杜仲叶的黄酮类和酚类物质,但其总黄酮和总多酚含量均略低于阴干	[21]
马蓝叶	阴干、热风干燥 > 晒干 > 冷冻干燥	[22]
短小蛇根草	晒干 > 真空冷冻干燥 > 阴干、烘干	[23]
蒲公英叶	晒干 > 真空冷冻干燥 > 热风烘干	[24]

1.3 干燥对皮类药材的影响 肉桂、杜仲、厚朴等皮类中药材,或者地骨皮、牡丹皮等根皮类中药材一般不易霉变,干燥方法相对简单多样,可以晒干,可以阴干,也可以烘干,但是在干燥的过程中也不能麻痹大意,日晒过久或者烘干时间过长,也会导致药物有效成分的损失[16]。

王炳然等[25]分别采用晒干(30 ℃)、烘干(30 ℃、50 ℃、80 ℃)和焙干(80 ℃、100 ℃)制备得地骨皮饮片,通过质谱分析得到不同炮制方法及温度对地骨皮化合物含量变化影响亦不同,甜菜碱随着烘制温度的升高而升高,相反咖啡酰丁二胺会随着烘制温度的升高而降低;地骨皮甲素、地骨皮乙素均在 50 ℃烘干时含量最高,绿原酸晒干时含量最高。随着焙干温度上升时,除地骨皮乙素外其余成分含量均降低。赵秋龙等[26]研究新鲜牡丹皮药材在不同干燥温度(40、50、60、70 ℃)下分别以热风干燥法、远红外干燥法、微波干燥法 3 种现代干燥方法及晒干、阴干 2 种传统方法处理,并测定了牡丹皮中 16 种化学成分的含量。结果发现,在 40 ℃下,采用远红外干燥法的综合得分最高,这说明以这种方式干燥所得的牡丹皮药材综合品质最好。代叶等[27]分别采用晒干、阴干、烘干(60、80、100 ℃)制备得杜仲生品药材,通过测定浸出物、绿原酸、松脂醇二葡萄糖苷、总黄酮含量,进行综合评分。根据评分结果得到晒干 > 60 ℃烘干 > 阴干 > 100 ℃烘干 > 80 ℃烘干。朱晓富等[28]通过对 40 ℃干燥、60 ℃干燥、减压干燥、晒干、冷冻干燥干燥陈皮,川陈皮素含量随着烘干温度升高有上升趋势;GC-MS 分析鉴定出陈皮中 15 种主要成分,随着烘干温度升高部分挥发性香气成分占比有所下降,如月桂烯、芳樟醇、香芹酚、α-甜橙醛等。随着烘干温度的升高,变形菌门优势细菌菌门有上升的趋势,综合考虑陈皮品质,低温热风干燥为陈皮较佳的干燥方式。

现列出以下常见皮类药材鲜切中干燥方式的比较,见表 3。

表 3 皮类药材鲜切中干燥方式的比较

中药	干燥方法	参考文献
地骨皮	甜菜碱随着烘制温度的升高而升高,相反咖啡酰丁二胺会随着烘制温度的升高而降低;地骨皮甲素、地骨皮乙素均在 50 ℃烘干时含量最高,绿原酸晒干时含量最高。随着焙干温度上升时,除地骨皮乙素外其余成分含量均降低	[25]
牡丹皮	远红外干燥法 > 微波干燥法 > 热风干燥法 > 阴干 > 晒干	[26]
杜仲	晒干 > 60 ℃烘干 > 阴干 > 100 ℃烘干 > 80 ℃烘干	[27]
陈皮	40 ℃ > 60 ℃ > 减压干燥 > 晒干 > 冷冻干燥	[28]

对于皮类药材来说,部分皮类药材多富含挥发油等成分,因此干燥方法主要为低温干燥、冷冻干燥等,皮类中药材一般不易霉变,但也要控制干燥时间,避免导致有效成分的缺少。

1.4 干燥对种子、果实类药材的影响 种子、果实类含有大量脂肪油的中药材常会因为受热而导致饮片内部油脂溢到药材表面,而导致药材发黏、返软等现象。另外,温度高还会导致油脂被水解为游离的脂肪酸,脂肪酸又透过药材的组织和细胞溢到药材表面,脂肪酸再进一步氧化和分解,使药材出现酸败气味(俗称哈喇味,此现象称为泛油)。因此,含油脂的中药饮片在干燥时一定要控制好温度,一旦干燥温度过高,就会导致药材出现泛油现象,药材本身颜色也会随之变黄。如果烘干火力过大,还会出现药材先出油,再变干的现象,严重影响饮片质量。

解玉军等[29]研究真空干燥、冷冻干燥和热风干燥对酸枣仁化学成分的影响,考察不同干燥方法对酸枣仁品质的影响。发现冷冻干燥酸枣仁可以保留更高含量的次级化合物,如酸枣仁皂苷 A、白桦脂酸、木兰花碱和 6‴ - 阿魏酰斯皮诺素等;真空干燥酸枣仁样品中氨基酸和碳水化合物含量相对较高;而热风干燥酸枣仁中对初级和次级化合物含量的保留较差。采用 GC - MS 技术对酸枣仁 7 种脂肪酸成分进行定量分析,结果表明冷冻干燥酸枣仁对脂肪酸的保留高于其他干燥方法。王先菊等[30]分别进行阴干、晒干、烘干(40、50、60、70、80、90、100 ℃)制备吴茱萸,通过测定吴茱萸样品中去氢吴茱萸碱、柠檬苦素、吴茱萸碱、吴茱萸次碱、吴茱萸新碱的含量,探究不同干燥方式对其含量的影响。结果表明 40 ℃烘干时,吴茱萸中吴茱萸次碱含量最高,50 ℃烘干时,吴茱萸中去氢吴茱萸碱、柠檬苦素、吴茱萸碱、吴茱萸新碱的含量最高。综合含量以 50 ℃烘干最高,综合含量以 100 ℃烘干最低。张金莲等[31]通过比较不同干燥方式、干燥时间制得枳壳药材,通过对其柚皮苷、新橙皮苷的含量,优选出枳壳最佳干燥方式,结果显示,晒 3 d 后切片晒干品与其他切制时间饮片相比,柚皮苷和新橙皮苷的含量为最高。莫秀丽[32]采用冷冻干燥、汽热干燥、电热干燥对人参果进行干燥,结果显示,冷冻干燥样品中 11 种人参皂苷含量变化较小;人参果浆电热干燥和汽热干燥样品中原型皂苷发生降解。宗建新等[33]采用晒干、50 ~ 110 ℃对连翘进行干燥,结果显示,干燥温度对连翘中连翘苷、连翘酯苷 A 含量无显著影响,但随着干燥温度的升高,挥发油含量呈降低趋势,但干燥温度 50 ~ 80 ℃处理与晒干处理含量无显著差异。

现列出以下常见种子、果实类药材鲜切中干燥方式的比较,见表 4。

表 4 种子、果实类药材鲜切中干燥方式的比较

中药	干燥方法	参考文献
酸枣仁	冷冻干燥法 > 真空干燥法 > 热风干燥法	[29]
吴茱萸	50 ℃烘干 > 40 ℃烘干 > 60 ℃烘干 > 70 ℃烘干 > 晒干 > 阴干 > 80、90、100 ℃烘干	[30]
枳壳	晒 3 d 后切片晒干品	[31]
人参果	冷冻干燥 > 汽热干燥 > 电热干燥	[32]
连翘	晒干 > 50 ~ 80 ℃ > 90 ~ 110 ℃	[33]

1.5 干燥对花类药材的影响 每种中药都有其固有色泽,颜色是控制饮片质量的重要指标,颜色对于花类药材更为重要。一旦药物颜色发生改变,往往提示饮片内在质量的下降。由于干燥或储存不当,有的饮片颜色越变越深,有的颜色越来越浅,有的由鲜艳变得暗淡。导致色泽类饮片颜色发生改变的原因很多,例如不当的储存、不当的干燥方法、虫蛀、发霉、日晒等。

王燕等[34]通过分析不同干燥方式(晒干、阴干、低温烘干、蒸制杀青 - 烘干)对金银花挥发性成分的影响,探究金银花保留挥发性成分的最佳干燥方式。其中晒干与蒸制杀青 - 烘干法,阴干与蒸制杀青 - 烘干法的差异较大,而晒干与阴干法、低温烘干与阴干法之间差异较小,蒸制杀青 - 烘干的样品中含挥发性成分种类最少、大部分成分含量较低,2 种干燥方式差异最大。刘宇瑶等[35]研究不同干燥方法对杜仲雄花品质影响,分别采用阴干、冷冻干燥、高、低温热风干燥、微波干燥及真空干燥处理杜仲雄花,以杜仲雄花颜色、总黄酮含量、总多糖含量及主要活性成分为评价指标。实验结果表明,阴干、冷冻干燥基本保持杜仲雄花鲜花原有颜色,微波干燥杜仲雄花总多糖含量较高且利于苯丙素类、木脂素类、环烯醚萜类活性成分保留,低温热风干燥杜仲雄花总黄酮含量较高,真空干燥杜仲雄花各成分含量均有所降低。以熵权法综合评价不同方法干燥的杜仲雄花品质排序:微波干燥 > 高温热风干燥 > 冷冻干燥 > 低温热风干燥 > 阴干 > 真空干燥。王傲迪等[36]研究不同干燥方法对紫锥菊品质影响,分别采用阴干、晒干、烘干处理紫锥菊,以菊苣酸含量为评价指标,结果显示,不同干燥方法的菊苣酸含量从高到低依次为晒干 > 阴干 > 烘干。唐健民等[37]通过对冷冻干燥、烘干对四季花金花茶花探究干燥工艺对其总黄酮、茶多酚、多糖、总皂苷、氨基酸、儿茶素、没食子酸的含量进行综合评分,实验结果表明,综合评价结果是冷冻干燥 > 烘箱干燥 > 鲜花;四季花金花茶花的最佳干燥工艺是冷冻干燥,但是在条件不足的地区,可以使用 40 ℃低温烘干。左亚锋等[38]采用蒸汽杀青后烘干、90 ℃烘干、微波杀青后烘干、70 ℃烘干、冷冻干燥、30、50 ℃干燥、晒干、阴干处理合欢花。结果表明,不同干燥处理合欢花药材样品化学成分和抗氧化活性结果存在显著差异,槲皮苷含量和总黄酮含量呈显著正相关,槲皮苷含量和总黄酮含量与其他 4 种抗氧化指标呈显著正相关或极显著正相关,槲皮素含量与 ABTS 自由基清除能力呈显著正相关,盛开的合欢花适宜采用 70 ℃烘干处理,合欢花不宜采用阴干处理。

现列出以下常见花类药材鲜切中干燥方式的比较,具体见表 5。

表 5 花类药材鲜切中干燥方式的比较

中药	干燥方法	参考文献
金银花	阴干 > 晒干、低温烘干 > 蒸制杀青 - 烘干	[34]
杜仲雄花	微波干燥 > 高温热风干燥 > 冷冻干燥 > 低温热风干燥 > 阴干 > 真空干燥	[35]
紫锥菊	晒干 > 阴干 > 烘干	[36]
四季花金花茶花	冷冻干燥法 > 烘箱干燥 > 鲜花	[37]
合欢花	70 ℃烘干、蒸汽杀青后烘干、90 ℃烘干、微波杀青后烘干 > 冷冻干燥 > 30、50 ℃干燥 > 晒干 > 阴干	[38]

2 小结与讨论

近年来,随着对“一体化”中药材研究的进展与深入,现在研究主要集中在趁鲜加工工艺对中药材化学成分的影响[39-42],少数研究[43-44]还进行了药理作用的比较,而趁鲜加工中较为重要的步骤为干燥。本文通过对不同药用部位的分析,总结了干燥对中药“一体化”过程中化学成分的影响。干燥对中药的理化性质有重大影响,会导致有效成分的变化,最终导致中药质量下降。综上所述,干燥主要通过改变中药的温度和水分含量来影响中药的理化性质。在干燥过程中,虽然温度的升高会加速中药的干燥过程,但也会加速酶促、氧化、水解等反应的发生,引起活性成分的快速降解或转化,也会影响中药物理性质的变化。传统的干燥方法虽然成本低,但也存在干燥周期长、易受气候条件影响、干燥后药材质量参差不齐等缺

点。此外,中药材加工工艺难以实现统一和标准化,不利于保证中药材质量。随着中药生产过程工业化的深入,热风干燥、远红外干燥、微波干燥等现代干燥技术以其生产效率高、干燥条件可控、产品质量稳定等优点,逐渐应用于中药干燥加工中。但由于成本过高大规模生产还较少使用。现如今,中药材在“一体化”方向的研究较多,但是存在问题也较多,缺少管理,希望药典及各省可以大力关注这方面,并采取相应的措施。

参考文献

[1] 毕宏伟, 吴立国, 苗振坤, 等. 中草药干燥技术现状及探究[J]. 林业机械与木工设备, 2023, 51(3): 29 – 34.
[2] 张伟, 张玖捌, 何天雨, 等. 中药饮片产地加工与炮制生产一体化研究现状与展望[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2565 – 2571.
[3] 宋来辉,张睿,许天阳,等. 不同干燥方法和干燥温度对人参饮片化学成分含量及抗氧化活性影响[J]. 时珍国医国药 2023,34(10):2412 – 2418.
[4] 轩菲洋, 姜丹, 张佳雯, 等. 中药材趁鲜加工现状及发展趋势[J]. 中国现代中药, 2022, 24(10): 1840 – 1849.
[5] 于迪, 杨辛欣, 王莹, 等. 防风趁鲜切制的含水率及不同干燥方式对饮片质量的影响[J]. 中草药, 2022, 53(9): 2678 – 2686.
[6] 张丽, 赵文吉, 贾国夫, 等. 野生甘松药材不同干燥加工方法的研究[J]. 成都医学院学报, 2023, 18(1): 45 – 48.
[7] 敖芬, 沈文, 王兰, 等. 老鹳草中槲皮素提取工艺优化及不同干燥方法对其转移率的影响[J]. 中成药, 2022, 44(12): 3964 – 3968.
[8] 赵润怀, 段金廒, 高振江, 等. 中药材产地加工过程传统与现代干燥技术方法的分析评价[J]. 中国现代中药, 2013, 15(12): 1026 – 1035.
[9] 喻芬, 万娜, 李远辉, 等. 中药材干燥过程中的理化性质变化规律与机制分析[J]. 中草药, 2021, 52(7): 2144 – 2153.
[10] 朱文学, 赵雅婷, 吴建章, 等. 根茎类中药材干燥技术与装备研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(1): 153 – 171.
[11] 辛二旦. 大黄趁鲜切制饮片工艺优选及质量标准研究[D]. 兰州: 甘肃中医药大学, 2020.
[12] 宋丹妮, 窦志英, 范天慈, 等. 不同干燥方法对醋制延胡索物性及成分溶出的影响[J]. 医药导报, 2023, 42(7): 1074 – 1079.
[13] 朱兴龙, 陈晓妍, 周永峰, 等. 不同加工方法及干燥温度对白芷饮片品质的影响[J]. 中草药, 2023, 54(8): 2427 – 2436.
[14] 张雪梅. 丹参、黄芩药材趁鲜加工关键技术与质量影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
[15] 赵禾苗, 黄飞, 柴欣, 等. 不同干燥条件下黄芩主要成分含量及β – 葡萄糖醛酸苷酶活性变化规律研究[J]. 天津中医药, 2023, 40(5): 649 – 653.
[16] 李秀平, 梁诗华, 张艳来, 等. 桑叶用热风平穿流设备干燥加工的工艺条件优化[J]. 蚕业科学, 2018, 44(4): 654 – 658.
[17] 李建林, 杜健. 中药饮片干燥方法经验八则[J]. 天津药学, 2019,31(5):72 – 74.
[18] 王燕萍, 贾旭森, 王艳, 等. 不同干燥方式对淫羊藿黄酮类成分含量及抗氧化活性影响[J]. 中草药, 2021, 52(14): 4193 – 4200.
[19] 吴一超,田七斤,陈卫英. 不同干燥方式对丹参茎叶酚酸含量及抗氧化活性的影响[J/OL]. 分子植物育种:1 – 11[2023 – 07 – 19]. http://kns.cnki.net/kcms/detai/46.1068.s.20230323.1426.011.html
[20] 林伟雄,邓李红,钟志奎,等. 不同干燥方法对桑叶主要成分和芦丁含量的影响[J]. 中南药学,2023,21(5):1270 – 1276.
[21] 马威. 干燥方法和包装材料对杜仲叶品质影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
[22] 苏娟, 贺亚男, 杨鑫, 等. 基于 UHPLC – Q – Orbitrap HRMS 和 HPLC – DAD 法研究不同干燥方式对马蓝叶化学成分的影响[J]. 中草药, 2023, 54(22): 7374 – 7386.
[23] 肖程雨, 李朋洋, 郝小龙, 等. 加工及干燥方式对短小蛇根草活性成分的影响[J]. 浙江林业科技, 2023, 43(5): 101 – 107.
[24] 高朋, 赵敏, 马致静, 等. 不同干燥方法对蒲公英叶总酚含量及抗氧化能力的影响[J]. 现代食品, 2023, 29(19): 157 – 159.
[25] 王炳然,陈晶,马启凤,等. 基于 HPLC – IT – TOF/MS 分析不同炮制方法对地骨皮化学成分的影响[J]. 中华中医药学刊, 2023,41(12):169 – 175,295.
[26] 赵秋龙, 卞晓坤, 钱大玮, 等. 不同干燥方法对牡丹皮药材中化学成分的影响[J]. 中国现代中药, 2020, 22(1): 74 – 79, 102.
[27] 代叶,李玮,梁珊珊,等. 基于多指标评价杜仲加工方法及其采收期的研究[J]. 时珍国医国药,2022,33(7):1727 – 1731.
[28] 朱晓富,卢圣鄂,卓维,等. 干燥温度对陈皮活性成分及表面细菌群落结构的影响[J]. 世界科学技术 – 中医药现代化,2023,25(8):2709 – 2716.
[29] 解玉军, 闫艳, 李泽, 等. 基于 1H NMR 和 GC – MS 技术评价不同干燥方法对酸枣仁活性成分及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(21): 282 – 293.
[30] 王先菊, 李玮, 杜洪志, 等. 吴茱萸不同产地加工方法 HPLC 指纹图谱及多成分含量比较[J]. 贵州科学, 2021, 39(1): 31 – 35.
[31] 张金莲, 罗雪晴, 颜冬梅, 等. HPLC 法同时测定枳壳中伞形花内酯等 9 种成分的量[J]. 中草药, 2018, 49(14): 3406 – 3410.
[32] 莫秀丽, 任红红, 高晴晴, 等. 不同干燥方式对人参果浆中稀有皂苷生成的影响[J]. 中草药, 2023, 54(24): 8200 – 8205.
[33] 宗建新, 李鑫, 崔晓云, 等. 采收期及干燥温度对连翘质量的影响[J]. 实用中医内科杂志, 2023, 37(9): 3 – 6.
[34] 王燕, 卢恒, 张敏敏, 等. 基于气相 – 离子迁移谱的不同干燥方式下金银花挥发性成分分析[J]. 中草药, 2022, 53(12): 3801 – 3810.
[35] 刘宇瑶, 廖富娟, 李雨珊, 等. 基于颜色和化学成分研究不同干燥方法对杜仲雄花品质影响[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(7): 1876 – 1884.
[36] 王傲迪,李涛,张良明,等. 紫锥菊不同生长期菊苣酸含量变化及干燥方式对其含量的影响[J]. 生物化工, 2022, 8(3): 87 – 89.
[37] 唐健民, 柴胜丰, 邹蓉, 等. 不同干燥工艺对四季花金花茶活性物质成分的影响研究[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(4): 862 – 864.
[38] 左亚锋,徐秀泉,李巧月,等. 不同干燥方法对合欢花药材化学成分及其抗氧化活性影响[J]. 天然产物研究与开发,2024,36(1):125 – 136.
[39] 毛常清, 张超, 彭芳, 等. 基于综合评分法优选刀党参产地加工工艺[J]. 现代中药研究与实践, 2023, 37(5): 77 – 82.
[40] 郭娜. 不同加工方式对西洋参化学成分的影响研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2023.
[41] 徐晓强, 俞春英, 江建铭, 等. 乌天麻产地趁鲜切制加工技术研究[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(10): 2515 – 2520.
[42] 刘燚, 金传山, 张亚中, 等. 天麻产地加工与饮片炮制一体化工艺研究[J]. 中国药学杂志, 2023, 58(15): 1355 – 1367.
[43] 邹婷, 王晶, 武旭, 等. 产地加工与炮制一体化工艺对玄参质量的影响[J]. 西北药学杂志, 2023, 38(6): 15 – 22.
[44] 辛雪颖,景佳麟,高双荣,等. 制何首乌产地加工炮制一体化新方法的优势分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2024,30(8): 167 – 175.