

基于计量学及数据挖掘的我国炮制设备文献及专利可视化分析

宋亚南, 王云, 贾哲, 刘艳萍, 张村* (中国中医科学院中药研究所, 北京 100700)

摘要:目的 对我国炮制设备的相关文献及专利进行计量学分析及数据挖掘,以探究炮制设备的发展脉络、研究现状、研发热点与难点以及未来发展趋势。**方法** 通过检索中国知网(CNKI)数据库收录的我国历年来发表及公开的炮制设备相关文献及专利,运用 Excel、CiteSpace、SPSS Modeler 软件对炮制设备文献及专利进行描述性、聚类及关联规则分析,并结合结果对炮制设备的研究现状、研究热点及未来发展趋势进一步归纳分析。**结果** 最终,共筛选中文文献 68 条,中文专利 614 件。近年来,中文文献及专利发表量均呈现波动上升趋势。中文文献关键词分析显示,炮制设备研究主要集中在炮制工艺、学科研究、炮制设备智能化等方面,智能化研究是目前及未来的热点。中文专利按炮制设备的类型分析,主要为烘干、净制、切制。机械运动形式的改变及多机械运动形式的叠加是当前炮制设备的主要创新方式;炮制设备单一,兼具特色炮制或多制法的设备较少;具有在线监测功能的设备较为欠缺。**结论** 炮制设备的中文文献年发文量呈现增长趋势,预测未来研究热点将主要围绕炮制设备智能化开展,其首先表现为在线监测技术的提升。促进各团队与机构间的学术交流与科研合作,有助于促进该领域进一步发展。

关键词:炮制设备;文献计量学;专利计量学;可视化分析

doi:10.11669/cpj.2025.04.013 中图分类号:R282 文献标志码:A 文章编号:1001-2494(2025)04-0428-11

Paper and Patent Visualization Analysis of Chinese Processing Equipment Based on Metrology and Data Mining

SONG Yanan, WANG Yun, JIA Zhe, LIU Yanping, ZHANG Cun* (*Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China*)

ABSTRACT:OBJECTIVE To perform a metrology analysis and data mining on pertinent paper and patents related to Chinese processing equipment, aiming to investigate the research context, current status, emerging trends, and challenges in the field, along with future development prospects of such equipment. **METHODS** The papers and patents related to processing equipment published in China over the years, which were included in the CNKI database, were retrieved. Excel, CiteSpace, and SPSS Modeler software were used to conduct descriptive, clustering, and association rule analysis on the processing equipment papers and patents. The results were combined to further summarize and analyze the current research status, emerging trends, and future development prospects of processing equipment. **RESULTS** In the end, a total of 68 Chinese paper and 614 Chinese patents were screened. In recent years, the publication volume of both Chinese paper and patents has exhibited a fluctuating upward trend. The analysis of keywords in Chinese paper shows that the research on processing equipment mainly focuses on processing technology, interdisciplinary research, and intelligent processing equipment. Intelligent research is currently and will be a hotspot in the future. According to the type of processing equipment, Chinese patents mainly involve drying, purification, and cutting. The change of mechanical movement form and the superposition of multi-mechanical movement form are the main innovation ways of the current processing equipment. There is some processing equipment with characteristic processing or multi-processing method. There is a lack of on-line monitoring equipment. **CONCLUSION** The annual publication volume of Chinese paper on processing equipment shows an increasing trend. It is predicted that the future research trends will mainly focus on the intelligentization of processing equipment, which will be initially reflected in the improvement of online monitoring technology. Promoting academic exchanges and scientific research cooperation between various teams and institutions will help promote further development in this field.

KEY WORDS: processing equipment; bibliometrics; patent metrology; visualization analysis

基金项目:国家自然科学基金项目资助(82173979,81873010);中国中医科学院科技创新工程项目资助(CI2021A04204);国家中医药管理局中药炮制技术传承基地项目资助(国中医药科技中药[2022]59号)

作者简介:宋亚南,女,博士研究生 研究方向:中药炮制原理及饮片质量评价 ***通讯作者:**张村,女,研究员,博士生导师 研究方向:中药炮制、中药化学 Tel:(010)64032658

中药炮制技术是中医药独有的一门核心制药技术,中药饮片生产的规范化、现代化是确保中药饮片质量和疗效的核心环节。我国在 2008 年要求所有中药饮片生产企业实施 GMP 认证,中药饮片加工已从传统的手工作坊式炮制全面走向现代工业化生产模式。炮制设备的研发及升级是推动中药饮片规模化、集约化发展的关键,应根据中药饮片的不同特性及炮制工艺的需要,研发满足现代饮片生产工艺要求、并能控制工艺参数要求的设备。伴随着中药高质量发展和中药智能制造的需求,炮制设备亟须集合现代科技手段,将主观化的中药炮制过程赋予客观标准,为中药饮片数字化、智能化生产提供支撑。但中药炮制设备的发展仍较为缓慢,传统的炮制设备企业技术力量薄弱、“经验先行”,仅仅停留在基础的人工替代,这也制约了炮制设备的突破性发展。因此,梳理总结炮制设备相关文献及发明专利现状尤为迫切。

文献计量学及专利计量学是指利用主题分析、关键词分析等手段,对文献及专利的属性和具体内容进行计量的学科^[1]。现代计量学并不局限于传统方式,而是由 CiteSpace、VOSviewer 等计量学软件加以辅助^[1]。CiteSpace 是基于 Java 开发的分析及可视化文献研究趋势和模式的软件,可快速高效地了解某一领域的关键研究者及研究机构,将某个领域的研究趋势可视化,以期为此领域内的研究者提供参考^[2]。SPSS Modeler 是一种可通过分类、聚类、预测等多种算法,实现回归、关联、神经网络等建模分析的数据挖掘软件^[3]。目前,CiteSpace 及 SPSS Modeler 已被广泛应用于中医药研究中^[4]。炮制设备的发展已有五十余年,专利内容丰富,但缺乏计量学及数据挖掘的相关报道。

因此,本研究采用计量学的方法,收集中国知网(CNKI)数据库中炮制设备的相关文献及专利,运用 Excel、CiteSpace、SPSS Modeler 软件对炮制设备文献的发文量、发文期刊以及专利的数量、炮制设备类型、申请人类型、在线监测指标、机械运动类型进行描述性分析,对关键词进行聚类及关联规则分析,从而对炮制设备的发展历程进行回顾,并对炮制设备的研究热点及未来发展趋势进行预测,以期对炮制设备的研发方向、专利申请及生产应用重点提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 检索策略 以 CNKI 数据库作为中文文献

及中文专利的数据来源,检索条件为(主题 = 炮制设备)OR(主题 = 中药制药装备)OR(主题 = 炮制机械)OR(主题 = 饮片机械)OR(主题 = 饮片设备),发表日期(公开日期)截至 2023 年 7 月 19 日。

1.1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①已公开发表的炮制设备相关研究,包括综述及实验性文章;②与炮制设备相关的专利。

排除标准:①与炮制设备内容不相关的文献;②会议论文、报纸、科技成果、图书等;③饮片包装、物流及后续销售等专利;④重复的专利,如同一专利仅保留最终授权状态;⑤撤回的专利。

1.1.3 文献/专利数量及分类 分别检索到 120 篇中文文献及 958 件中文专利。最终分别得到 68 篇有效中文文献及 614 件有效中文专利。

1.2 数据处理

1.2.1 中文文献 将中文文献以 Refworks 格式导出,利用 Excel 进行描述性分析,并采用 Origin 2021 Pro 进行绘图。

通过 CiteSpace 5.7.R5 完成数据转换,经转换的数据文件以“download_.txt”命名,使用 CiteSpace 软件进行分析。Time Slicing(时间分区)为 1981—2023 年;Years Per Slice(时间切片)为 1 年;Term Source(主题词来源)默认全选;Node Type(节点类型)依次选择,“Top N”值设定为 50;Pruning 采用 pathfinder、pruning sliced networks。以 CiteSpace 进行可视化。

采用 SPSS Modeler 18.0 对中文文献的关键词进行关联规则分析。依据 APRIORI 算法,以 Cytoscape 3.8.2 绘制网络图。

1.2.2 中文专利 将中文专利以 Refworks 格式导出,利用 Excel 2021 进行描述性分析,并采用 Origin 2021 Pro 进行绘图。

提取中文专利关键词,采用 SPSS Modeler 18.0 依据 APRIORI 算法,对关键词进行关联规则分析,以 Cytoscape 3.8.2 绘制网络图。

采用 Origin 2021 Pro 对关键词进行聚类分析,并绘制聚类圆形图。

2 中文文献可视化分析结果

2.1 发文量分析

本研究统计了截至 2023 年 7 月 18 日的中文文献,将数据导入 CiteSpace,将发文量统计结果导入 Origin 2021 并绘制折线图进行对比分析,见图 1。由图 1 可知,CNKI 数据库收录的首篇炮制设备文献

发表于1981年,1981—2023年共发表相关文献68篇,整体呈上升趋势。发文量的变化说明随着中医药现代化水平提高,学者们对中药炮制的规范化、机械化、客观化进行了更为广泛和深入的思考,使得炮制设备在中医药领域的研究备受关注。文献多以观点性的论文呈现,如对炮制设备发展历程的思考,包括炮制设备研究过程中出现的问题及解决对策。而炮制设备紧贴实际生产,因此,文献发文量未出现激增现象,仅出现稳步上升态势。

2.2 发文期刊

参考CiteSpace的来源分析,结合Excel统计期刊频次。中文文献主要发表在《机电信息》《中成药》《世界科学技术-中医药现代化》《时珍国医国药》等期刊(表1)。从中文文献的期刊覆盖类型可以看出,除《机电信息》^[5-6](6篇)《电子元器件与信息技术》(1篇)这类机电及电子元件期刊外,其余期刊均为医药行业相关期刊,占比89.71%。说明炮制设备的发展依靠中医药、机电及电子元件等多学科的理论及技术支持,这与炮制设备的自身特点有关。随着现代科技的进一步发展,硬件技术及设备智能化的进一步提升,都将为炮制设备的相关研究提供更有力的技术支持,为炮制过程的客观化、标准化提供有力支撑。

表1 发文量Top 11中文期刊

排名	中文期刊名称	发文量/篇
1	机电信息	6
2	中成药	4
2	世界科学技术-中医药现代化	4
2	时珍国医国药	4
3	中药材	3
3	中国中医药现代远程教育	3
3	中国中药杂志	2
3	中国药业	2
3	中国民族民间医药	2
3	中成药研究	2
3	世界中医药	2

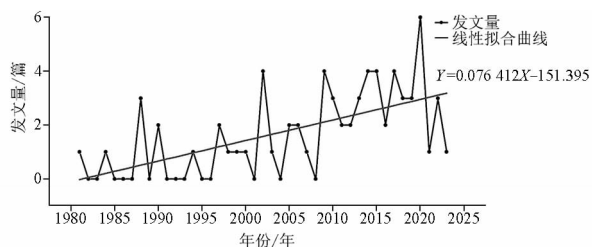


图1 1981—2023年我国炮制设备研究文献的发文趋势

2.3 关键词分析

关键词是对文献核心内容的高度概括,对关键

词进行分析有助于对该领域文献的整个研究脉络、热点有更为清晰的了解。

2.3.1 共现分析 采用CiteSpace进行关键词共现分析,将初步分析的关键词进行同义词合并,再进行可视化分析。图中共107个节点,221条连线,结果见图2,频次前20的关键词见表2。结合高频关键词及可视化图谱可知,研究热点相对较为宽泛,初步可以看出:在中医药理论指导下(中药炮制、中药饮片),进行设备研究(中药制药设备、炮制设备、炒制设备),保持炮制工艺的客观一致性,并在此基础上,进行饮片质量标准的建立及质量控制。



图2 炮制设备文献的关键词共现分析

而炮制设备的相关中文文献主要集中在该领域研究的问题及对策上^[7-9]。此外,中心性越强的关键词在整个关系网络中越具有不可替代性(表2),中心性最强的5个关键词分别是中药炮制(0.81)、中药饮片(0.51)、炒制设备(0.39)、炮制设备(0.32)、质量(包括质量标准和质量控制,0.14)。

2.3.2 聚类分析 采用CiteSpace中的隐含语义索引技术(latent semantic indexing, LSI)对107个关键词进行聚类分析,得到9个聚类,显示出炮制设备的结构基础和发展历程,结果见图3。聚类模块值 Q 为0.720 2 > 0.3,表明聚类结构显著;平均轮廓值 S 为0.905 7 > 0.7,表明聚类结果可信^[10]。将关系紧密的关键词聚类,聚类ID与聚类簇的大小相反,聚类#0为最大聚类,表明该聚类研究热度最高,可将其归纳为中药炮制的研究现状。各聚类簇之间重叠交错,表示不同聚类间联系紧密,即炮制设备的研究重点虽有差异,但主题相对集中。聚类结果见表3,聚类#0表示该领域的研究现状,聚类#1(以中药制药设备为主)、#5(以炮制设备为主)表示该领域的

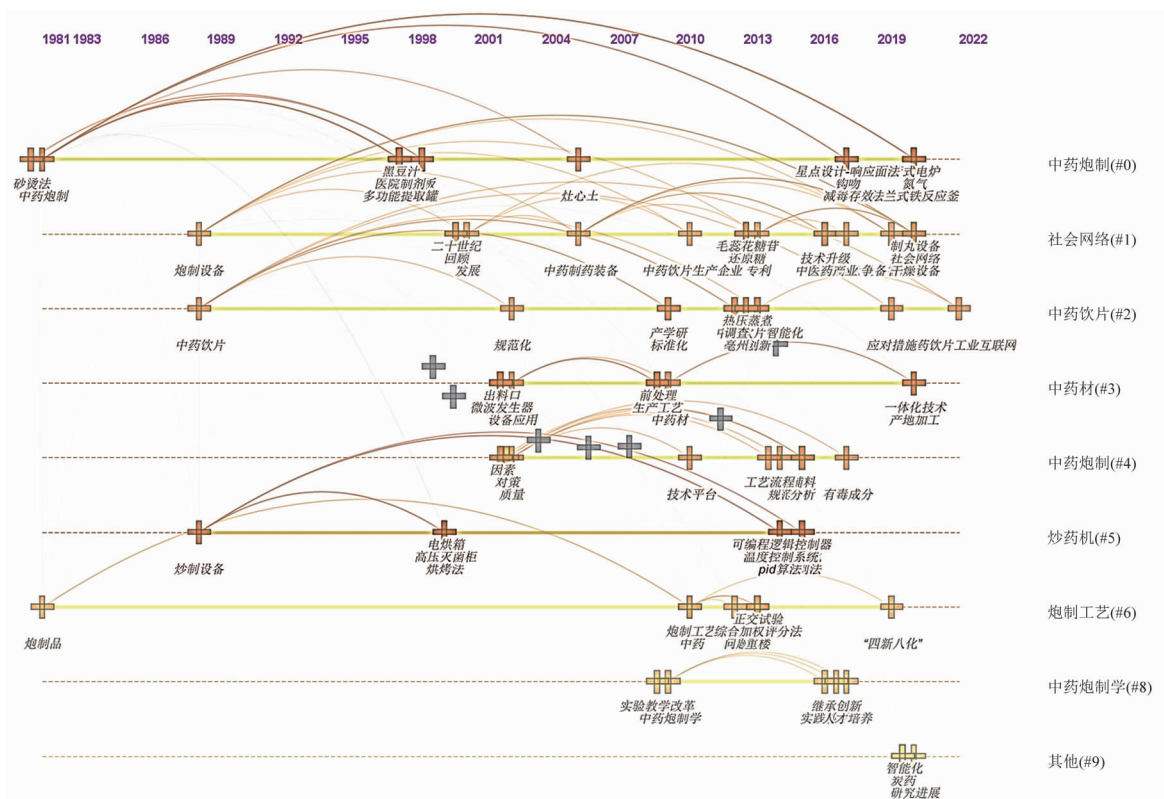


图4 炮制设备文献的关键词聚类时间线分析

2.3.4 突现分析 关键词突现是指关键词在短时间内研究频次骤增,代表着该时段内备受关注的研究方向。对纳入文献进行 CiteSpace 关键词突现分析,得到 17 个突现词,见图 5。“中药”“中药饮片”“中药炮制学”“炮制设备”“研究进展”“设备应用”等关键词突现强度较大,说明这些是中药炮制设备研究过程中一直研究的重点和方向。从突现词的更迭可以看出,炮制设备的研究已经从传统的解放劳动力(方法改进、设备改进)转变到追求更高标准的规范化、智能化(专利、设备智能化、中药制药装备),也更加注重相关领域的人才培养及炮制设备的普及型教学(中药炮制学、实践教学)。中药炮制工艺研究及中药炮制设备的智能化研究是延续至今的热点。

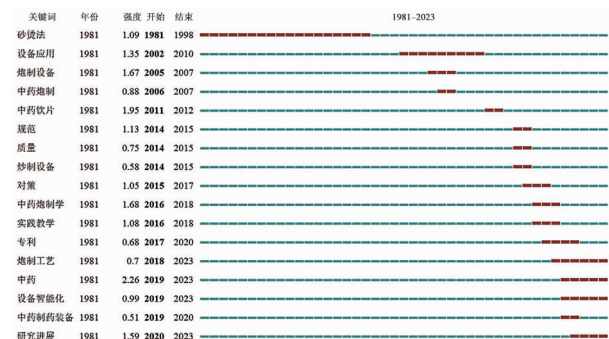


图5 炮制设备文献的关键词突现分析

2.3.5 关联规则分析 采用 SPSS Modeler 18.0 对 68 条中文文献的关键词进行关联规则分析。依据 APRIORI 算法,设置最小支持度为 3%、最小置信度为 75%、最大前项数为 2,按置信度降序排列,结果见表 4。排在第一位的是“中药炮制学(后项)-教学改革(前项)”,其置信度为 100.0%,表示在同一文献中“中药炮制学”出现后,“教学改革”同时出现的概率是 100.0%,支持度是 4.412%,提示在纳入的 68 条文献中,“中药炮制学”与“教学改革”同时出现的概率是 4.412%。

表4 中文文献关键词的关联规则分析

序号	后项	前项	置信度/%	支持度/%
1	中药炮制学	教学改革	100.0	4.412
2	中药饮片	质量控制	100.0	4.412
3	中药饮片	规范化	100.0	4.412
4	中药炮制	应对措施	80.0	5.882
5	教学改革	中药炮制学	75.0	4.412
6	中药炮制学	研究进展	75.0	4.412

对全部关键词进行关联规则分析,共涉及 273 条链接关系,以 Cytoscape 3.8.2 呈现出链接数 ≥ 1 (中位数)的链接关系。颜色深浅表示关键词出现的频率高低(图 6),中药炮制设备研究文献的核

心关键词组合为“中药炮制-中药饮片”(链接数=9)“炮制设备-中药制药设备”(链接数=4)“中药炮制-应对措施”(链接数=4)。足以看出,当前研究者对中药炮制学的教学改革、中药饮片的质量控制等方面进行了相对深入的思考。且炮制设备的相关文献也主要集中在此类问题的理论思考上。而理论的进一步实现,主要是依靠炮制设备硬件的创新,这在近年来的专利中也有一定的体现。

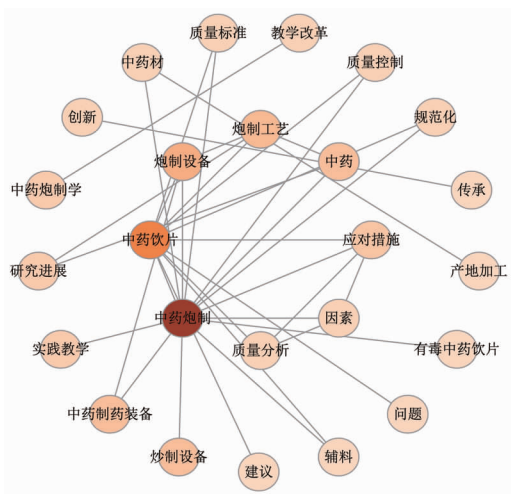


图6 炮制设备文献的关键词复杂网络

3 中文专利可视化分析结果

使用 Excel 2021 进行中文专利的统计分析,使用 Origin 2021 Pro 进行可视化。

3.1 专利年趋势量分析

本研究统计了截至 2023 年 7 月 18 日的中文专利数量,见图 7。由图 7 可知,CNKI 数据库收录的第 1 件相关专利授权于 2005 年,2005—2023 年共计相关专利 614 件,整体呈上升趋势。专利的变化说明随着中医药现代化水平提高,发明者对中药炮制设备进行了切实可行的研究,且专利保护意识逐渐提高。

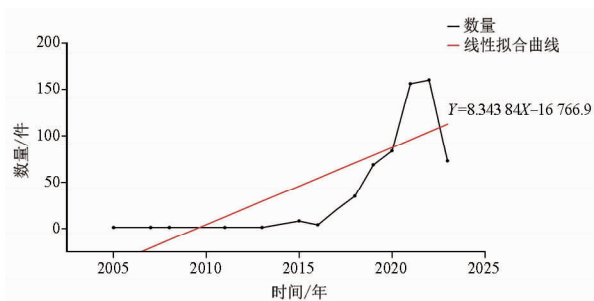


图7 2005—2023 年我国炮制设备研究专利的增长趋势

3.2 专利类型分析及申请人类型分析

专利分为发明专利、实用新型专利、外观设计专利。炮制设备的专利检索结果以实用新型专利(73.3%)为主;发明专利约为 26.7%,包括专利公开(18.4%)和专利授权(8.3%),说明实际授权的发明专利较低(图 8)。进一步统计中文专利的申请人类型,结果显示,炮制设备相关专利的申请人主要是公司(79.3%),说明炮制设备专利的成果转化程度相对较高(图 9)。

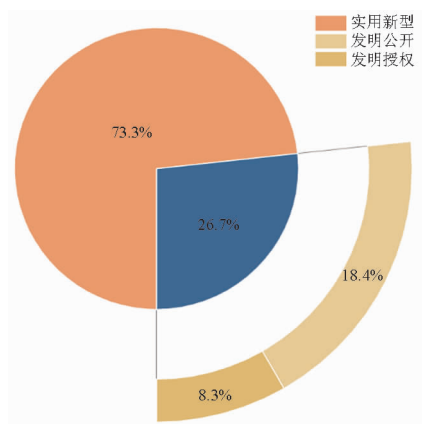


图8 炮制设备专利的类型分析

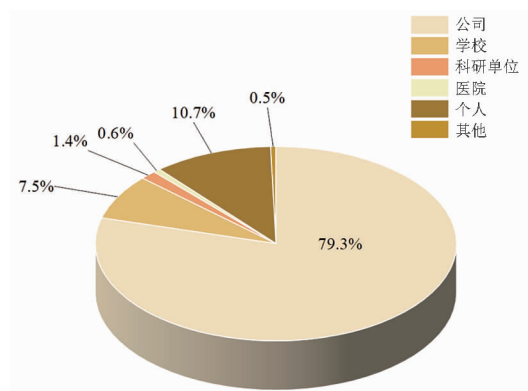


图9 炮制设备研究申请人类型分析

3.3 关键词分析

3.3.1 炮制设备类型的具体分析

中药炮制主要分为修制(净制、切制等)、水制(洗、润、水飞等)、火制(炒、炙、煨、煨、烘等)、水火共制(蒸、煮等)、其他制法(发酵等)等。

将本研究所涉及到的专利按以上 5 种炮制方法进行归类,见图 10 及表 5。

其中,修制所占的比例最大,约 32%;其次是火制(29.8%)和水制(20.2%)。修制是多种制法的前处理步骤,以除杂和筛选技术发明较多。火制

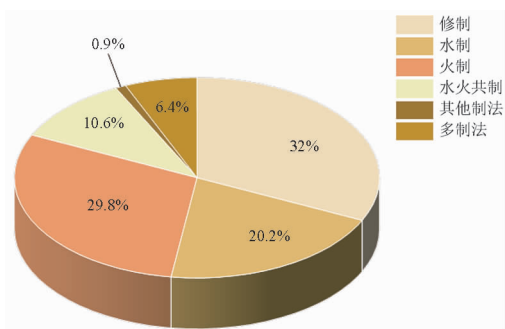


图 10 炮制设备类型分析

所占比例较大,以现代烘干技术为主。水制也是中药饮片应用较多的制法。涉及以上制法的炮制设备已达 82%。发酵、炼蜜、去油制霜等其他制法的炮制设备研究较少,这与厂家对炮制设备的整体利用率及投入产出比有关。

表 5 中文专利炮制设备类型分析

类型	方法	数量/件	类型	方法	数量/件		
火制	焯制	2	修制	去皮	8		
	炒制(炒炭等)	77		去芯	3		
	煨制	11		切制	82		
	干馏	1		净制(除屑、除杂等)	130		
	烘干	208		筛选	103		
	煨	1		破碎	14		
	炆	3		水制	洗	134	
	晾晒	2			水飞	4	
	曝晒	1			浸渍	6	
	砂烫	2			浸润	32	
	焙干	1			浸泡	21	
	烤干	1			淋润	1	
	烧烤	1			喷淋	4	
	蜜炙	3			喷润	7	
	盐炙	1			润制	6	
	炙制(多种辅料均可)	1			水火共制	蒸润	1
	其他	发酵				6	煎煮
炼蜜		2	炖			7	
制法	去油制霜	2	蒸制			71	
	九蒸九制	6	焖制			4	
多制	九蒸九制	6					
法	中药饮片的针对性炮制	62					

此外,涵盖多制法的炮制设备往往是涉及中药饮片工艺特点的专用炮制设备,包括炆黄精^[12]、炆何首乌^[13]、姜半夏^[14]、鳖血柴胡^[15]等一体化中药炮制设备。这类炮制设备因其饮片特异性,可能无法投入到同类其他饮片的炮制过程中,因此整体研究比例较低。再者,该设备对炮制工艺参数与机械设备参数相互兼容转化的整体要求较高,且企业强调设备的使用率,因而该针对性炮制设备仍以高校研究为主。

但其他制法及饮片特异性的一体化炮制设备,仍具有十分深远的研究意义,例如,可以为道地药材产区的产地炮制加工一体化研究提供支持,以实现设备利用率的最大化,促进企业饮片损耗率的大幅降低及饮片质量的显著提升。

3.3.2 炮制设备的主要机械运动类型分析

对 614 件中文专利进行筛选,对炮制设备内部机械部件的主要运动类型进行频次分析。将机械运动的 3 种形式分为平动、转动和振动。炮制设备涉及的机械运动类型多样,其中,转筒、旋转刀片等旋转装置,传送带等传送装置,振动电机驱动的振动筛等振动装置都属于应用较多的机械运动装置类型。对运动类型及对应的炮制设备进行初步归纳(表 6),结果显示,平动可运用到修制、水制、火制、其他制法等之中,转动可运用到火制、水制、水火共制、修制、其他制法中,而振动可以运用到修制、水制中。

机械运动形式的改变或者多机械运动形式的叠加是当前炮制设备的主要创新方式,这可明显改善炮制设备的工作效率及饮片质量的均一性(同一机器产出同一批次饮片的颜色、大小等),但整体仍处在“量变”过程,无法促成炮制设备的突破性发展。而真正的“质变”主要体现在炮制设备的智能化(如在线监测等方面),以确定最终的数字化指标为目的,这样才能尽可能地消除不同机器、不同操作人

表 6 炮制设备的主要机械运动类型

编号	运动类型	具体运动形式	主要炮制设备类型	频次/次
1	平动	传送	修制-筛选或切制,水制-洗	99
		推动	修制-净制、洗,其他制法-炼蜜	40
		升降	火制-焯制、烘干、炒制	39
		上下传动	修制-筛选	9
		牵引	修制-切制	6
		2	转动	旋转
搅拌	水制-浸泡、洗、水飞,水火共制-煮	81		
翻转	火制-炒制、烘干,水火共制-煮,其他制法-炼蜜	46		
摆动	修制-筛选,火制-炒制、烘干、煨制	15		
3	振动	振动	修制-筛选,水制-洗	59

带来的差异,甚至是减少不同产地、不同批次药材带来的差异,让炮制设备真正能够完成针对药材的智能化特异性炮制,使饮片中主要成分含量变化范围缩小,这对中医临床用药也具有深远影响。

3.3.3 在线监测的具体指标分析 对 614 件中文专利进行筛选,共 4 件结合在线监测功能的炮制设备专利(表 7)^[5-8]。且安徽华润金蟾药业股份有限公司是目前具有在线监测功能炮制设备专利最多的公司。在线监测是炮制设备智能化的体现

之一,该研究存在很大空白。针对不同制法的炮制终点的判定,需结合传统经验中对饮片“形色气味”的“看摸闻尝”,再转化成数字化指标;同时结合《中国药典》2020 年版及不同省市炮制规范中对主要成分含量、水分、灰分等的限值,在硬件支持下达到在线监测的目的。其制法之纷繁,指标之复杂,硬件提升之困难,都是在线监测难以取得突破性进展的问题所在,但也是中药炮制设备实现智能化的必经之路。

表 7 在线监测的具体指标

编号	名称	炮制工艺类型	检测指标	发明人	申请人	出处
1	一种中药饮片炮炙工艺及智能炮炙设备	烘干、炒制	中药饮片质量数据以及滚筒内部温湿度数据计算所形成的阈值范围	王峰;蒋建树;成贞益;廖丽云;廖鑫;王帅	桂林欧润药业有限公司	[16]
2	一种中药饮片炒制的在线质量控制设备及方法	炒制	图像信号转换成均匀度 A,将图像传感器与中药之间的距离 H、均匀度 A 输入至炒板高度检测模型中,计算炒板高度 L	高波;罗川;胡雨;吴若南	安徽华润金蟾药业股份有限公司	[17]
3	一种中药饮片炮制的灰分在线检测方法及设备	可与多种炮制设备相结合	射线衰减、样品水分含量、样品的纤维含量、样品质量、样品移动速度之间的函数关系	高波;罗川	安徽华润金蟾药业股份有限公司	[18]
4	一种中药饮片炮制的质量控制方法及设备	煮等水热共制法	炮制溶液中毒性物质的含量及其水解产物的含量	高波;罗川	安徽华润金蟾药业股份有限公司	[19]

3.3.4 聚类分析 对频次 ≥ 10 的关键词进行聚类分析(图 11),可聚为 5 类,分别为以蒸为主的火制,以炒制、煨制、烘干为主的火制法,以浸润、清洗为主的水制法,以净制、切制为主的修制法。

要机械运动形式;而温控是火制过程中的关键研究内容之一,也是智能化的初步体现之一。

浸泡、浸润、清洗等水制、净制方法是多种制法的前处理手段,因而与多制法聚为一类。高压清洗是清洗过程的一种现代手段,能够有效冲洗药材表面的泥土、灰尘。

升降、振动、摆动、旋转等机械运动关键词与净制、切制等修制相关关键词聚为一类,表明其修制过程中所需机械运动的丰富性。

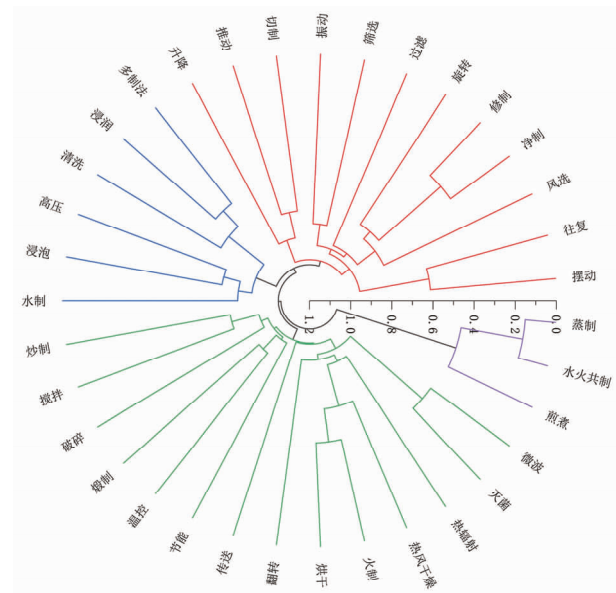


图 11 炮制设备专利的关键词圆形聚类图

从聚类关系中可以看出,微波、热辐射、热风干燥是烘干的几种主要形式,灭菌与烘干往往同时存在,以利于储存;翻转、传送、搅拌是火制过程中的主

3.3.5 关联规则分析 对 614 件中文专利提取关键词,采用 SPSS Modeler 18.0 对 614 件中文专利的关键词进行关联规则分析。依据 APRIORI 算法,设置最小支持度为 20%、最小置信度为 80%、最大前项数为 5,按置信度降序排列,结果见表 8。排在第一位的是“蒸制(后项)-火制(前项)”,其置信度为 100.00%,表示在同一文献中“火制”出现后,“蒸制”同时出现的概率是 100.00%,支持度是 39.74%,提示在纳入的 614 件专利中,“蒸制”与“火制”同时出现的概率是 39.74%。而此处的“火制”主要是指利用“烘干”等设备进行干燥这一过程。

对全部关键词进行关联规则分析,共涉及 1 245 条链接关系(图 12)。保留链接数 ≥ 2 (2 倍中位数)的链接关系,以 Cytoscape 进行呈现。中药炮制设备专利的核心关键词组合为“烘干-火制”(链接数 = 153)、“净制-修制”(链接数 = 118)、“修制-旋转”

关设备研究。

中药炮制过程及炮制后处理设备均在不断改革创新发展中。饮片的包装、储存、备货、调剂等均涉及计算机辅助,这与炮制设备的智能化相呼应,也对进一步构建智能化饮片制备体系具有十分重要的意义。

4.3 政策扶持

随着国家对中医药扶持力度的不断增加,在多个基金项目的支持之下,中医药的传承创新发展速度逐步加快,而中药炮制设备的智能化进程也日益加快。

在国家“十一五”规划中明确提出了“加强中医药和医学科研工作”,加强中医临床研究基地和中医医院建设的战略安排^[20];“十二五”规划以推进中医药集成与创新为主要研究目标^[21];“十三五”规划强调促进中医药传承与发展^[22]。以“十三五”为例,其国家重点研发计划“中医药现代化研究”对中药炮制设备的发展起到了积极的政策支持和推动作用,创制了泡沫浮选、智能干馏、电磁炒制、多功能炒炙机等现代自动化生产装备,还建设了包括国内唯一融温控浸泡-打靛-泡沫分离于一体的青黛自动化生产线在内的多条自动化生产线。

此外,2019年《中共中央、国务院关于促进中医药传承创新发展的意见》提出“促进中药饮片质量提升”“健全中药饮片标准体系,制定实施全国中药饮片炮制规范”等若干意见,推动中药饮片质量提升和产业高质量发展。2022年《“十四五”中医药发展规划》指出“(四)建设高水平中医药传承保护与科技创新体系、(五)推动中药产业高质量发展”,分别强调对老药工炮制技术的传承,推进中药炮制技术传承基地的建设、将独特炮制方法的中药饮片纳入中药品种保护范围,推进中药制造业的智能化建设。2023年《中医药振兴发展重大工程实施方案》“中医药传承创新和现代化工程”中提出“(四)中医药关键技术装备研究”,研发推广中药饮片智能炮制控制等技术装备。在国家政策的不断引领、基金项目的不断扶持下,中医药的发展目标不断更新迭代,智能化炮制设备也是2023年国家所实施的重要方案,将促使中药炮制向标准化、规范化、数字化、智能化的方向不断迈进。这对中药饮片行业的发展将起到鞭策作用,也将进一步促进中药临床疗效的一致性。

4.4 建议

4.4.1 加强智能化监控炮制设备的研发

首先,炮制设备的研发在炒制等方面的技术十分成熟,而在焯制、煨、炒、水飞、炼蜜、去油制霜等方面研究较少,可在此方面进一步填补空白。但此类炮制方法使用比例较小,虽然专利申请成功率高,但因其面临的市场相对较小,专利成果的转让可能会受到一定限制。

其次,中药饮片的炮制纷繁复杂,专门针对某一种或某一类中药饮片的一体化炮制设备也是可以继续深入研究的内容。目前,这类专利的申请成功率较高,如炒黄精、炒何首乌、姜半夏、鳖血柴胡等^[12-15]。主要是因其针对性更强,更能贴合中药饮片炮制过程中的关键性技术要求。甚至这类炮制设备的研发过程中也可以融合产地加工的一些方法,减少不必要的水、热损失所导致的中药饮片有效成分的损耗。

最后,炮制设备的智能化是大势所趋,当务之急是增加炮制设备的在线监测功能。这需要深入开展中药炮制过程中各工艺参数与化学成分、药效和毒性之间关系的基础研究。充分利用数字孪生技术,将中药炮制过程各关键工艺环节中的工艺参数进行模型及数据库构建。研发适合中药饮片特点的中药实时在线监测的炮制设备。

此外,在设备研发上,企业若能化被动采购为主动研发,便更能贴合实际生产,进行炮制设备技术难题的攻克。当然,学校、科研院所与企业紧密合作,发挥独特优势,则更有利于早日实现炮制设备智能化的目标。

4.4.2 加强炮制设备复合型人才的培养

中药炮制设备是中药炮制与机械工程相结合的综合学科,笔者建议在大专院校、科研院所建立专门的分支学科,专注于中药炮制装备的研究,加强学科间技术交流合作,培养炮制与机械的跨学科复合型人才,使炮制设备可以充分体现中药炮制学科的内涵,研发出可以准确表征炮制火候的设备,从而形成中医、中药、中药炮制机械三位一体的发展模式,为中药炮制学与饮片工业发展实现4.0作出贡献。

REFERENCES

- [1] ARIA M, CUCCURULLO C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis[J]. *J Inf*, 2018, 11(4): 959-975.
- [2] CHEN C. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific paper[J]. *J Am Soc Sci Tech Inf*, 2005, 57(3):359-377.
- [3] XUE W. *Data Mining Based on SPSS Modeler*(基于SPSS Modeler)

- eler的数据挖掘) [M]. 2nd. Beijing: The Chinese People's University Press, 2014.
- [4] CAO Y J, CHEN Y Y, TANG Y P, *et al.* Date mining analysis on herb pairs of Rhei Radix et Rhizoma and Glycyrrhizae Radix et Rhizoma based on apriori algorithm and network association[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*(中国实验方剂学杂志), 2018, 24(14):182-187.
- [5] XIAO J M, CHEN L S, HAN J Z, *et al.* On the processing machinery of traditional Chinese medicine and its main task [J]. *Mech Electr Inf*(机电信息), 2007, 32(7):22-25.
- [6] XIAO J M, HU X. Study on standardization of Chinese herbal pieces and mechanical modernization of Chinese herbal pieces [J]. *Mech Electr Inf*(机电信息), 2005, 16(5):21-26.
- [7] QIN K M, LI W M, ZHANG J L, *et al.* Current situation and development strategy of pharmaceutical equipment industry of traditional Chinese medicine[J]. *Mod Tradit Chin Med Mater Med-World Sci Technol*(世界科学技术-中医药现代化), 2019, 21(12):2671-2677.
- [8] GAO M L, LAN J S, SHAN M Q, *et al.* Research strategies thinking and research progress for carbonized traditional Chinese medicine[J]. *J Nanjing Univ Tradit Chin Med*(南京中医药大学学报), 2020, 36(5):696-703.
- [9] ZHANG Y T, WANG X C, HUANG Y, *et al.* Research status of traditional Chinese medicine processing equipment and its technology upgrade approach strategy [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药), 2022, 53(5):1540-1547.
- [10] XIE X D, ZHANG H B. A visualized analysis of TCM prevention and treatment of osteoporotic compression fracture based on CiteSpace [J]. *Clin J Chin Med*(中医临床研究), 2023, 15(15):10-17.
- [11] LIU Z W. The reform of sand-ironing method for processing traditional Chinese medicine [J]. *Chin Tradit Pat Med*(中成药研究), 1981, 4(11):29.
- [12] WANG X P. The invention relates to an industrial processing technology and processing equipment for stewed Polygonati Rhizoma;China, CN105434848B [P]. 2019-12-03.
- [13] WANG X P. The invention relates to an industrial processing technology and processing equipment for stewed Polygoni Multiflori Radix;China, CN105456381B [P]. 2019-11-15.
- [14] ZHANG Y M, YU Z Z, LUO Y F, *et al.* The invention relates to a processing method and a processing equipment suitable for Ginger Pinellia ternata and Ginger Water Pinellia ternata; China, CN111329939A [P]. 2020-06-26.
- [15] NING Y M, YANG T, WU P A, *et al.* The invention relates to a processing device for traditional Chinese medicine decoction pieces of Bupleurum chinense DC;China, CN208677959U [P]. 2019-07-12.
- [16] WANG F, JIANG J S, CHENG Z Y, *et al.* The invention relates to a processing technology of traditional Chinese medicine decoction pieces and an intelligent processing equipment; China, CN116407451A [P]. 2023-07-11.
- [17] GAO B, LUO C, HU Y, *et al.* The invention relates to an on-line quality control device and a method for stir-frying traditional Chinese medicine decoction pieces; China, CN110244605B [P]. 2021-04-02.
- [18] GAO B, LUO C. The invention relates to an on-line ash detection method and an apparatus for processing traditional Chinese medicine decoction pieces;China, CN109799250B [P]. 2022-04-29.
- [19] GAO B, LUO C. The invention relates to a quality control method and a device for processing traditional Chinese medicine decoction pieces;China, CN109646303A [P]. 2019-04-19.
- [20] Outline of the 11th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China [EB/OL]. (2006-03-14) [2024-06-15]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_268766.htm.
- [21] Outline of the 12th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China [EB/OL]. (2011-03-16) [2024-06-15]. https://www.gov.cn/2011lh/content_1825838.htm.
- [22] Outline of the 13th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China [EB/OL]. (2016-03-17) [2024-06-15]. https://www.gov.cn/xinwen/2016-03/17/content_5054992.htm.

(收稿日期:2024-06-15)