

## • 专 论 •

## 基于古法的中药数字化煎药现状、问题和发展策略

刘容西<sup>1,2</sup>, 唐培渝<sup>1</sup>, 王一诺<sup>1</sup>, 吴俊<sup>3</sup>, 李智彪<sup>3</sup>, 杨明<sup>1,2</sup>, 朱根华<sup>1\*</sup>, 伍振峰<sup>1,2,3\*</sup>

1. 江西中医药大学 现代中药制剂教育部重点实验室, 江西 南昌 330004

2. 经典名方现代中药创制全国重点实验室, 江西 南昌 330004

3. 江西省中药绿色制造技术创新中心, 江西 南昌 330029

**摘要:** 中药古法煎煮一直作为获得中药汤剂的首选方法, 随着数字化信息高速发展, 古法煎煮工艺繁杂、耗费人工、自煎差异大等问题突出。现代中药煎煮机的引进, 很大程度上提高了煎煮效率和服药的便捷性, 并且随着现代化中药智能煎煮不断地发展研究, 中药煎煮也不断走向智能化、集约化、规范化。由于目前中药煎煮与数字化的中药古法煎煮理论没有建立数字化的联系, 导致中药煎煮存在“智能不足、缺乏自我决策”等问题, 因此建立中药煎煮与古法煎煮理论的数字化、智能化联系, 推进中药古法煎煮向智能化、数字化转型升级是大势所趋。数据与知识是实现数字化智能发展的驱动力, 因此针对数字化中药古法煎煮存在的瓶颈, 结合过程分析 (process analysis technology, PAT)、人工智能、数据库、物联网等高新技术, 展望数字化古法煎煮的未来发展趋势, 以期对中药古法煎煮进一步开发研究提供参考。

**关键词:** 中药; 数字化; 古法煎煮; 过程分析技术; 物联网; 人工智能; 数据库

**中图分类号:** R283 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)24-8311-10

**DOI:** 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.24.001

## Current situation, problems and development strategy of digital decoction of traditional Chinese medicine based on ancient methods

LIU Rongxi<sup>1,2</sup>, TANG Peiyu<sup>1</sup>, WANG Yinuo<sup>1</sup>, WU Jun<sup>3</sup>, LI Zhibiao<sup>3</sup>, YANG Ming<sup>1,2</sup>, ZHU Genhua<sup>1</sup>, WU Zhengfeng<sup>1,2,3</sup>

1. Key Laboratory of Modern Preparation of Chinese Medicine, Ministry of Education, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

2. National Key Laboratory of Classical Formula for Modern Traditional Chinese Medicine Creation, Nanchang 330004, China

3. Jiangxi Traditional Chinese Medicine Green Manufacturing Technology Innovation Center, Nanchang 330029, China

**Abstract:** Ancient decoction of traditional Chinese medicine (TCM) has always been the preferred method to obtain TCM decoction. With the rapid development of digital information, the problems of complicated ancient decoction process, labor-consuming and large difference in self-decoction are prominent. The introduction of modern Chinese medicine decoction machine has greatly improved the efficiency of decoction and the convenience of taking medicine. With the continuous development and research of modern Chinese medicine intelligent decoction, TCM decoction is also constantly moving towards intelligence, intensification and standardization. At present, there is no digital connection between TCM decoction and digital ancient TCM decoction theory, which leads to the problems of “lack of intelligence and lack of self-decision-making” in TCM decoction. Therefore, it is the general trend to establish the digital and intelligent connection between TCM decoction and ancient TCM decoction theory, and to promote the intelligent and digital transformation and upgrading of ancient TCM decoction. Data and knowledge are the driving forces for the development of digital intelligence. Therefore, in view of the bottleneck of digital ancient TCM decoction, combined with process analysis technology (PAT),

收稿日期: 2024-07-29

基金项目: 中央引导地方科技发展资金项目 (2022ZDD03085); 江西省学位与研究生教育教学改革项目 (JXYJG-2022-152); 江西省中药绿色制造技术创新中心 (20222BCD43008); 国家级高层次人才支持计划; 江西省高水平本科教学团队 (赣教高办函[2022]10 号)

作者简介: 刘容西, 硕士研究生, 研究方向为中药制剂与工艺。E-mail: 2113079454@qq.com

\*通讯作者: 朱根华, 教授, 博士生导师, 从事中医药防治脑疾病作用机制、中药药效物质基础研究。E-mail: 781470691@qq.com

伍振峰, 教授, 博士生导师, 主要从事中药新剂型与新技术/中药制剂装备研究。Tel/Fax: (0791)87118658 E-mail: zfwu527@163.com

artificial intelligence, database, internet of things and other high-tech, the future development trend of digital ancient TCM decoction is prospected, in order to provide reference for the further development and research of ancient TCM decoction.

**Key words:** traditional Chinese medicine; digitalization; ancient decoction; process analysis technology; internet of things; artificial intelligence; database

中药古法煎煮通常是指基于传统中医药理论和临床实践经验指导下对中药复方进行煎煮提取的工艺,是制备传统中药汤剂的首选方法。中药古法煎煮在临床实践中多为手工煎煮,可根据病人的体质和症状适宜加减药物的剂量和配比,更适合个体化给药治疗,并且能较好地满足中医辨证施治的需要。为保证方剂充分有效、减少有效物质的损失,传统汤剂煎煮对不同配方、不同饮片规定了特殊的煎煮处理方法,如先煎、后下、包煎、冲服等<sup>[1]</sup>。由于工艺繁杂耗时耗力、自煎差异大,中药煎煮方式也逐渐从古法煎煮转变为现代煎煮机煎煮,但煎煮机尚存在一些“千方一煎”的问题,比如目前的中药智能煎煮不能根据中药处方自我决策进行个性化煎煮,而是需要煎药人员凭借主观经验进行手工操作。因此如何推进中药古法煎煮的数字化转变从而提高中药古法煎煮质量是当前中药生产中亟待解决的难点痛点。

近年来,随着信息时代的高速发展,数字化和智能化的研究涉及到各个领域。我国中药制造领域智能化、数字化转型浪潮势不可挡,发展迫在眉睫,中药生产过程需要与智能化、数字化技术进行深度融合<sup>[2]</sup>。中共中央、国务院在《关于促进中医药传承创新发展的意见》中也提到,研究设立国家中医药科技研发专项、关键技术装备重大专项,挖掘并传承中医药宝库中的精华,不断加强中医药典籍的研究利用,加强名老中医学术经验交流,建立国家中医药传统知识的数字图书馆,实现中医药信息的数字化<sup>[3]</sup>。

数据与知识,皆是人工智能的驱动力<sup>[4]</sup>。中药智能化、数字化依靠过程分析技术(process analysis technology, PAT)、数据库、人工智能和物联网系统,让中药智能设备具备感知情境和自我决策的功能。利用数字化的经典名方信息和临床经验处方形成的数字化系统对煎煮设备进行训练并指导煎煮是今后的发展方向。本文基于对中药古法煎煮、现代智能煎煮以及数字化在中医药行业的研究与应用现状展开综述,展望其未来发展趋势,以期对中药古法煎煮借助高质量发展的大数据时代精准实现并服务临床安全合理用药提供一定的参考。

## 1 中药煎煮的研究现状

汤剂是中药制剂中的一种传统剂型,古代医药典籍中有记载“急者汤也,缓者丸也”中“汤”指的就是汤液<sup>[2]</sup>。中药汤剂流传历史悠久,可针对个体差异进行加减调配,符合中医辨证施治的需要<sup>[5]</sup>。而中药古法煎煮一直作为制备中药汤剂的首选方法,在中医药的历史传承中,依托科学详备的中医药理论不断发展完善,具有遵循古法工艺严谨、煎煮过程可灵活调节、制备药液疗效佳等优点。但是随着信息技术高速发展以及中医药现代化进程的不断推进,古法煎煮工艺繁杂、耗费人力、自煎差异大,煎煮人员缺乏规范或系统的中医药理论知识的储备而导致煎煮液疗效不佳等问题日益突显。因此,中药古法煎煮法向智能化、数字化转型升级的浪潮势不可挡。

### 1.1 古法煎煮

古法煎煮历史悠久,广泛用于中药汤剂的制备。古法煎煮遵循中医药理论,对煎药器具、水的用量,火候大小、时间长短等均有规定,先煎、后下、另煎、包煎、烩化及冲服等特殊煎法也都有严格要求,可见古法煎煮工艺的严谨规范,且不同的药方对应不同的煎煮方式,个性化鲜明,这是古法煎煮的优势也是精髓所在。《本草纲目》曰:“凡服汤药,虽品物专精,修治如法,而煎药者卤莽造次,水火不良,火候失度,则药亦无功”<sup>[6]</sup>,《医学源流论》亦云:“煎药之法最宜深讲,药之效与不效,全在乎此。夫烹饪禽鱼羊豕,失其调度,尚能损人,况药专以之治病,而可不讲乎”<sup>[7]</sup>。古法煎煮基于中医药理论的支撑,煎煮工艺严谨。古法煎煮也在实践和临床应用中不断发展完善,古代中医药学家,如李时珍、危亦林、陈嘉谟等人就曾对煎药器具、用水量、水的来源、火候大小、煎煮次数、煎煮时间,以及特殊煎法都有了一定的规定,并且大多沿用至今,作为煎煮工艺的参考。如表1所示。

然而中药古法煎煮在临床使用过程中存在煎煮方法不规范、无标准、单位换算困难等现象,许多自行煎药的患者,甚至一些中医药工作者由于对煎煮知识的储备不够全面、缺乏中医药煎煮理论的系

表 1 古法煎煮中医药理论基础

Table 1 Theoretical basis of ancient decoction of traditional Chinese medicine

煎煮因素	古法煎煮理论基础	文献
煎煮器具	凡煎药并忌铜铁器，宜用银器瓦罐	8
水的用量	其水依方，大略二十两药，用水一斗，煮取四升，以此为准。然利汤欲生，少水而多取汁；补汤欲熟，多水而少取汁。不得令水多少	8
水的来源	其水须新汲味甘者，流水、井水、沸汤等	8
火候大小	凡煮汤，欲微火令小沸……若发汗药，必用紧火，热服。攻下药，亦用紧火煎熟，下消黄再煎，温服。补中药，宜慢火，温服。阴寒急病，亦宜紧火急煎服之	8
时间长短	表、汗、下之药，每服煎至八分。对病药煎至七分，滋补煎至六分。不可极干，亦不可猛火骤干，恐伤药力	9
煎煮次数	凡诸补汤，渣滓两剂并合，加原水数复煎，待熟饮之，亦敌一剂新药	10
特殊煎法	凡汤中用芒硝、饴糖、阿胶，须候汤熟，绞净清汁，方纳于内，再上火两三沸，烱尽乃服。凡汤中加酒、醋、童便、竹沥、姜汁，亦候汤熟，绞汁盎内，加入便服。凡汤中用沉香、木香、乳香、没药，一切香窜药味，须研细末，待汤熟，先倾汁小盎内调服讫，然后尽饮	10

统指导，从而导致煎煮汤剂的有效成分不能更好地溶出，发挥不出更好的疗效。在门诊患者掌握中药煎煮方法调查分析研究中，尤雯等<sup>[11]</sup>发现患者中药煎煮知识有待提高，要加强中药古法煎煮方法的指导；张文瑞等<sup>[12]</sup>发现患者对中药特殊煎煮方法（如先煎、后下等）的掌握情况较差。中药古法煎煮在实践中由于耗时、耗力且煎煮液不易保存等而逐渐被淡化，使中药汤剂的古法煎煮面临失传的可能。同时对煎煮者的煎煮经验有很高的要求，不同人煎煮差异性大，易导致中药疗效参差。因此在科技与信息技术快速发展的时代，需要去中药古法煎煮之劣势，存其精华，促进煎煮数字化、智能化发展。

### 1.2 现代煎煮

随着时代的进步制造业的发展，现代化煎药机逐渐代替古法煎药，不断走向智能化和便捷化<sup>[13]</sup>。中药煎药机最早在 20 世纪 90 年代中后期被引进国内并逐步在各级医院煎药室广泛应用，很大程度上提高了煎煮效率和服药的便捷性，满足了一定临床煎煮需求<sup>[14]</sup>。中药煎煮机相比于古法煎煮具有火候更好控制、真空独立分装、便于携带和服用、减轻工作人员工作量等优点，且煎煮机容量大，配出各味饮片的总量一次加入煎煮机中，不但提高煎煮的效率，还能保证每袋分装药中的有效成分分布均匀<sup>[15]</sup>。现代化的中药煎煮能更好地促进建成规范化、标准化、智能化的中药煎煮中心<sup>[16]</sup>。

但现代煎煮大多还处于人工操作或者半人工操作，煎煮设备缺乏自决策意识，古法煎煮指导性的信息多数停留于古籍等文本信息以及代代相传的经验之中，与煎煮设备相互脱离。因此，需要推

进中药古法煎煮的数字化进程，实现数字化信息与煎煮设备之间的有机融合。中医药产业应充分发挥中医药与数字化智能制造设备的优势，重视利用新技术提高生产效率、强化工艺设备创新，从而获取竞争优势，推动智能化、数字化中药煎煮促进中医药产业发展<sup>[17]</sup>。

### 1.3 数字化古法煎煮

古法煎煮的数字化是在中药古法煎煮和现代化煎药机的基础上将经典名方信息形成数字化信息，便于检索，实现了一定的数字化和智能化，通过数据系统算法统计分析还能提供合适的煎煮方案。古法煎煮的数字化转型可以让中药煎煮信息从以往分散、繁杂的古籍纸质化信息形成规范化、数字化的信息。将经典名方和名老中医临床医案等汇集上传数字化云平台，形成数据库，结合人工智能的深度学习，对海量中医药数据进行筛选、分析、归纳，深入挖掘其中蕴含的辨证论治、方证关联、中药药理规律，进一步筛选经过临床验证且功效明确的方剂、药对、单味中药，以此形成证据详实、逻辑清楚的现代化中医药煎煮研究基础<sup>[18]</sup>。江民财等<sup>[19]</sup>在数字化煎药中设计开发了煎煮方案推荐信息系统，建立了分析经典名方的煎煮信息模型，经典名方的信息表、属性集和数据库，通过整合中药复方煎煮信息推荐算法，采用软件工程方法，设计并开发煎煮方案推荐系统，实现了中药复方煎煮方案推荐，并完成数据信息无缝接入、检索、批量管理、统计分析、方剂相似度计算等，另外系统还开发了经典名方的检索统计等功能，并为患者提供了中药复方科学煎煮推荐服务。但是仍然存在信息驱动力

不足,信息与设备关联性不强、设备缺乏自主决策的个性化调控、煎煮终点判断差异大等问题亟待解决。

## 2 中药古法煎煮数字化的发展瓶颈

### 2.1 数字化古法煎煮信息驱动力不足

中药古法煎煮自古至今就受到历代医家的重视,对中药配伍和煎煮方法也颇有考究。《黄帝内经》《伤寒论》《温病条辨》等中医药经典著作中关于方剂煎煮方法的详细记载,每一方剂的制备方法都十分精详,在今天看来,其中依然有很多经验值得借鉴,对后世影响深远,更为现代中药汤剂的制备方法提供了规范化保证。尤其以李时珍所著的《本草纲目》、张仲景所著《伤寒论》与《金匱要略》为代表的经方被一些学者认为是中医智能化的突破口,在煎药器具、用水量、火候、煎煮时间等方面具有标准化的规定,在处方用药上又具有合方加减的规范性。经方的配伍严谨,强调原方、原量(或原比例),对加减合方极为谨慎,在这些经方的基础上加减一味药,都可以形成新的方剂<sup>[20]</sup>。而人工智能的研究高度依赖庞大的数据信息,这就更需要高质量的、临床实际有效的真实世界数据作为支撑<sup>[4]</sup>,而经典名方以及相关的中医药理论知识可以很大程度上解决这一问题。

虽然中药古法煎煮有相关古籍提供庞大的数据信息,却缺乏收集整理和知识图谱化,导致中药古法煎煮可利用的数字化信息匮乏,难以形成数字化信息数据来驱动训练现代煎药设备,存在信息孤岛。程京强调“无数据则无人工智能,数据是促进人工智能赋能中医药的重中之重<sup>[21]</sup>。实现古法煎煮与数字化信息的结合,可借鉴商洪才<sup>[22]</sup>针对“中医临床个体化疗效如何实现智能精确评价”的难题,面对传统中医临床思维、循证临床证据和新兴数据分析方法3种信息势能“三足鼎立”的局面,提出的“数据筑基,智慧领航”的数智中医发展理念,见图1。将古籍煎煮信息和临床经方、验方信息科学分类整理,形成数据库,并结合物联网、人工智能等新兴分析和传输技术建立数字化的中药古法煎药系统。

### 2.2 数字化煎煮信息与煎煮设备关联性不强

数字化煎煮信息与现代煎煮设备关联性不强,现代煎煮机存在一些“智能不足”的问题,大多现代煎煮机不能根据中药的种类和剂量进行自我决策,需要煎药人员人工操作,解决的关键在于数据库与煎煮机之间的联动控制,通过物联网和传感器与煎煮设备建立指导关系,再通过过程分析技术反馈煎煮信息,调整煎煮机的工艺参数,煎煮信息通

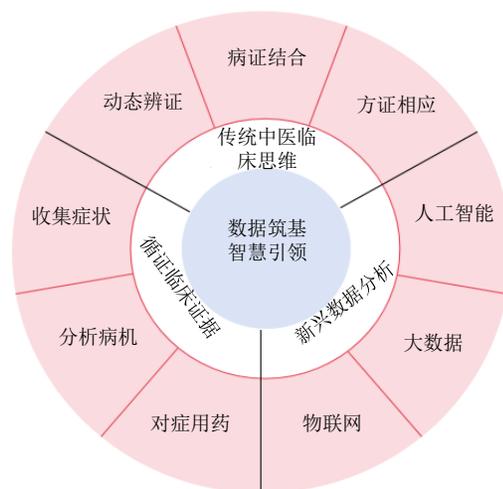


图1 “数据筑基,智慧领航”的数智中医发展理念  
Fig. 1 Development concept of mathematical intelligence traditional Chinese medicine of “data foundation, intelligent navigation”

过传感器输出与反馈,实现数据对设备的调控和煎煮设备的信息反馈双向进行。

随着物联网、大数据、传感器、人工智能等各种技术的成熟,中药数字化煎煮应着重以大数据、人工智能、区块链和产业互联网推动中医药煎煮产业,并通过互联网链接各种设备和物体,实现信息的传递和互动从整体上开发煎药设备,提升煎药机智能化,具备遵循古法的智能化煎煮特色,提升煎药效率和质量<sup>[23-24]</sup>。

### 2.3 煎煮设备缺乏自主决策的个性化调控

现代化中药煎煮设备不断精进,符合社会需求的煎煮设备也竞相出现,目前煎药设备也朝着智能化的方向逐步发展。南京迦南比逊科技有限公司设计出中药饮片方剂智能配药、投料补药与煎煮系统<sup>[25]</sup>,利用配药药筐循环输送线和智能配药系统进行自动配药、投料、补药,结合抓药机器人自动放置中药于智能煎煮机中进行饮片的浸泡、煎煮、提取、封袋工作,实现中药古方煎煮的智能控制。中日友好医院<sup>[26]</sup>在古代煎药用水量与现代用水量的规范统一研究中将古代的煎煮水量单位估算为现代通用单位并用于控制煎煮过程,为方剂研究、制备、临床应用提供了极大便利,同时实现了一定程度上的煎煮自动化。

但现代中药煎煮机仍存在个性化、智能化不足的问题,煎药机不能根据药方信息选择个性化的煎药工艺进行自主煎药、加水、设置时间、判断煎煮终点、滤药分装等工序,仍未能实现自动化的“千

方千煎”“个性化自煎”。目前煎煮生产流程实现的智能化主要是针对生产流水线的智能化或者是针对其中某个煎煮参数进行智能化改进。但煎煮设备整体缺乏自主化的个性调控，未能将煎煮条件，煎药信息数据与煎煮设备融为一体。而人工智能和机器学习作为医疗保健行业的强大工具之一，深度学习和机器学习建模同时也适用于中药煎煮领域。可结合深度学习与机器学习对煎煮相关数据进行挖掘、归纳分类，开发不同的学习算法，并以相关煎煮数据进行建模以解决煎煮设备缺乏自主决策的过程个性化调控的问题<sup>[27]</sup>。

### 2.4 煎煮终点判断差异性大

中药煎煮是为了最大程度上获取饮片中的有效成分，一般认为当提取液中有效成分的含量趋于稳定时到达终点<sup>[28]</sup>。在中药古法煎煮中，一般是补益药煎煮时间较长，而清热解毒、散寒解表药煎煮时间较短，判断标准不一，依靠经验，主观性强，对煎煮者有很高的要求。在中药生产过程中质量检测滞后以及煎煮终点无法及时准确判断的问题仍然存在，导致产品之间的质量参差不齐<sup>[29]</sup>。煎煮终点的误判会造成一定资源的浪费，还可能对后续操作产生影响从而影响最终产品的质量，因此，在煎煮过程中对不同煎煮终点的准确监测十分重要，目前常用的分析技术，传统的色谱分析技术，因其冗长的分析周期以及大量的人力、物力消耗，无法实现制药工艺过程的有效监控且针对不同饮片，饮片批次间的质量差异和提取过程工况的波动，会导致实际提取时间提前或者滞后于最佳提取时间，因此采用新的过程分析方法进行不同煎煮方案的过程终点的快速高效地实时监测非常必要<sup>[30]</sup>。

### 3 基于古法的数字化煎药的发展策略

随着药物从粗制的草药变成更复杂的药物产品和剂型的生产，煎药工艺也从使用简单工具的小规模手工发展到大规模生产，物联网、传感器、人工智能等先进技术开始挑战传统的制药制造方法<sup>[31]</sup>。面对中药古法煎煮数字化发展中的数字化信息驱动力不足、煎煮信息与煎煮设备关联性不强、煎煮设备缺乏自主决策的过程个性化调控、终点判断差异性大等问题，提出将过程分析、人工智能、数据库、物联网系统等关键技术引入到古法煎药体系，旨在解决古法煎煮数字化的瓶颈。见图2。

#### 3.1 构建数字化“古法煎煮”的中医药信息系统

##### 3.1.1 数据库构建 数据库已经成为现代计算机

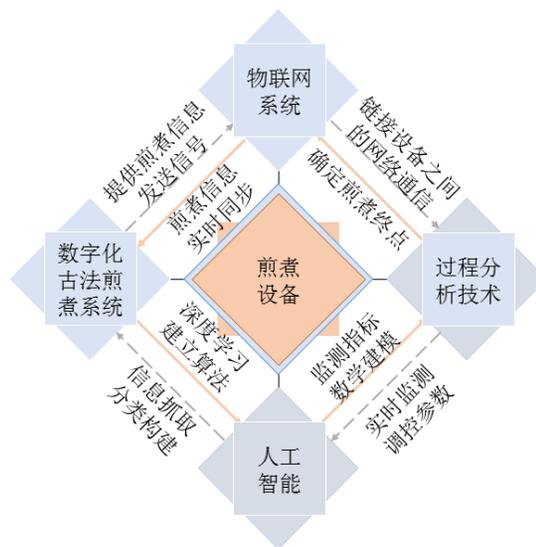


图2 古法煎煮数字化的关键技术

Fig. 2 Key technology of ancient decoction digitization

系统的重要组成部分，是计算机数据处理与信息管理系统核心，主要用于有效地管理和存储大量数据资源，这为整理、分析、存储、检索中医药学的大量信息提供了技术支持<sup>[32]</sup>。而数据库建设是一项长期而系统的工程，其原则主要在于标准化和规范化<sup>[33]</sup>。谢伯添<sup>[34]</sup>充分考虑中药材的基原、药性、不良反应的特点，同时结合文献中毒性的信息，借鉴其他数据库情况，建立了一种包括毒性反应库、毒性成分库、毒性靶点库、文献库的数据库，该数据库信息全面、界面友好、易于检索，具有很大的理论和应用价值。可见数据库的建立可以更好将古法煎煮的信息与现代煎药设备智能化链接在一起，推动设备智能化学习优化。中医药在历史的传承中，积累了无数的经典案例，但由于缺乏统一标准，很难将案例形成有效数据应用或传承，亟待卓有成效的标准体系。因此可运用互联网、人工智能、区块链，进行数据化技术筛选，深度挖掘民间和官方记载的中医药验方秘方和技法，汇集应用成果，运用区块链技术进行甄别，形成良好的数据链，通过大数据分析进行智能匹配，形成国家中医药行业的知识资本<sup>[18]</sup>。

**3.1.2 煎煮信息收集与预处理** 中药古法煎煮信息收集主要来源于古代经典名方、名老中医经辩证论治后所开的临床处方以及文献记载。大量的古方煎煮信息分散、相关术语未经翻译成现代文、缺乏科学的统筹分类，因此需要人工提取古籍中记载的相关的煎煮信息，录入数据库进行数字化处理，对

照古今信息翻译,规范相应名词术语,将古方中的计量单位统一转换为现代计量单位,建立一套遵循古法的标准煎药信息库<sup>[35]</sup>。赵鑫等<sup>[36]</sup>以现代名老中医的临床医案为数据来源,设计建立了煎煮信息数据库,录入数据,以方剂对应的经典名方名称或功能主治和药味名称进行分类录入,并设计可根据录入的分类信息进行检索,实现数据的分类存储与再检索。针对文献、电子书等电子信息的收集,可利用网络爬虫、人工智能等技术,在短时间内在已建立的数据库或者网页中挖掘中药煎煮相关信息,然后将数据进行反馈与储存。还可引入相关数字化集成信息增量学习算法,完成数字化集成信息增量学习,保证数据集中数据的最佳分类效果<sup>[37]</sup>。

**3.1.3 煎煮信息数据系统构建** 煎煮信息数据系统的构建需要囊括:古法煎药数据库、数据库管理系统、煎煮设备工艺数据库、应用层和网络层。古法煎药数据库负责存储经典名方验方、名老中医经辨证论治后所开的临床处方以及文献、电子书等记载的中药古法煎煮信息,遵循古法的标准煎药信息系统,数据库可以分3类①方剂信息库:方剂名、药味组成及配比,处方来源、使用历史、整体药性、功能主治、方义、煎煮用法、相关加减方;②饮片信息库:饮片名称、剂量配比、毒性药物标注;③煎煮信息库:火候大小、时间长短、加水量、特殊饮片处理。数据库管理系统负责管理数据库,提供数据定义、操作和管理等功能,实现数据的分类、定向查找(通过输入方剂名、中药材或临床症状快速检索到所需信息)、修改、增录等功能,便于增加临床使用的加减方,持续校对删除错误信息,及时完善数据系统,保证系统的正确运行<sup>[19]</sup>。煎煮设备工艺数据库:①待煎饮片放置区,分为先煎区和后下区;②自动投药,根据所煎饮片的规定,合煎的饮片全部同一时间投入,需要区分先煎、后下的饮片,要按要求设置后下的时间再投料;③浸泡,根据饮片性质,选择不同的浸泡时间;④加水量,根据方剂的药量、饮片吸水系数、煎取量、煎煮时间以及不同热力条件下单位时间的蒸发量来确定加水量;⑤火候,分为文火和武火,依方剂的要求选择;⑥煎煮时间,煎煮全过程时间分为武火煎所需时间和文火煎所需时间;⑦滤过,除去药渣,得到煎煮液。应用层,提供煎煮信息界面和程序应用接口,便于对数据的操作和管理。网络层,利用网络通信技术建立数据库、煎煮设备、应用软件以及传

感器之间的通信网络,实现煎煮数据传输,使信息资源共享。

### 3.2 人工智能模型及算法开发

人工智能是一种模仿人类智能思维方式的技术,通过计算机模拟人类智能行为,实现机器的理解、推理、学习和自适应。人工智能在包括中医在内的许多领域迅速发展,其显著提高诊断的可靠性和准确性,人工智能分析主要通过现代电子仪器采集的数字化数据,更好地规范古法方证关系和方剂配伍规则等海量且不统一的知识,使结果更加量化、客观、规范<sup>[38]</sup>。因此可结合深度学习与机器学习对古法煎煮系统的相关数据进行推理学习,突破数字化煎煮信息与煎煮设备分离、缺乏自主决策的过程个性化调控以及通过机器学习算法进行检测指标建模与过程分析技术实时进行信息反馈等问题。

**3.2.1 机器学习** 在传统医学中使用机器学习方法被认为是应用大量数据集提取有价值知识的方法之一,数据和信息可以转化为应用于临床决策的知识,机器学习技术可以帮助显著改进传统医学数据分析<sup>[39]</sup>。机器学习广泛应用于医学领域,如:生物医学研究、个性化医疗、计算机辅助诊断、建立各种疾病的未来风险预测等,目前也有少部分机器学习应用于药物相关研究当中。有学者基于决策树、回归方法的机器学习算法,研究简化药物处方过程,将确定的方法和所需变量作为进一步开发预测药物剂量算法的一个起点,并基于所研究的药代动力学模型与机器学习算法相结合,为提高所开发算法的预测能力和准确性提供了一个巨大的机会,提高给药正确性<sup>[40]</sup>,该研究在一定程度上提示在中药古法煎煮的数字化研究中,一方面,可引入决策树和回归等机器学习算法,研究中药处方信息,建立相关的煎煮动力学模型,预测煎煮结果,另一方面,通过大量经典名方的加减方的用药规律来预测临床中药处方用量的加减。机器学习算法在一些提取过程中参与决策起到了重要作用,有研究学者在对橄榄叶中酚类化合物提取研究中,以温度、时间和体积为输入变量,开发了不同的机器学习算法,并以相关实验数据中对提取物产量和总酚含量进行建模,基于神经网络确定总酚含量值的最佳模型,该研究证实了人工神经网络(artificial neural network, ANN)模型是确定不同温度、时间和溶剂下超声辅助提取过程的提取率和总酚含量值很好的建模工具<sup>[41]</sup>。因此,机器学习算法应用在煎煮过

程中, 不仅能够对煎煮时间、温度、次数等工艺参数进行建模, 优化煎煮工艺, 还能对关键指标的含量进行建模, 确定煎煮终点。

**3.2.2 深度学习** 与传统机器学习相比, 深度学习由更复杂的人工神经元分层多层网络组成, 可以自动发现有用的特征<sup>[38]</sup>。深度学习在医学领域中用于处理医学数据等文本信息, 进行数据挖掘与分类, 也用于医疗器械和辅助临床诊断、建立药物模型等方面。但目前应用于中药煎煮领域的深度学习的研究很少, 因此, 结合医疗领域的深度学习研究作为参考。如 Dai 等<sup>[42]</sup>利用深度学习和自然语言处理 (natural language processing, NLP) 技术对非结构化文本进行分类, 采用 4 种基于深度学习的 NLP 网络架构, 进行数据预处理, 提取分析相关的文本, 并使用预训练模型和深度学习算法对文本进行分类, 以实现自动诊断的目的。中药古法煎煮的数据库, 一方面涵盖了古代经典书籍, 另一方面, 来自于现代研究的文献, 数据库不断更新, 大量更新的信息可利用深度学习和 NLP 技术对文本进行提取分类, 以实现根据不同煎煮信息自动煎煮。有学者提出了一种基于深度强化学习的给药模型, 解决给药试验中样本量相对较小, 剂量应个体化等问题<sup>[43]</sup>, 其中, 关于解决剂量个体化的深度强化学习建模, 在数字化的中药古法煎煮的实际运用中, 可应用于临床加减方, 根据患者个体差异, 比如, 年龄、体质量、病情进行建模, 凸显数字化中药古法煎煮的特色和个性。另外, 有一种用于药物处置及相应属性提取的深度学习方法, 由于药物的单次提及可以指多个药物处置事件, 并且每个事件可以具有不同的属性值, 为了区分药物在不同时间中的属性, 基于深度学习的 NLP 系统, 证明利用特殊标记有助于模型区分同一上下文中的多种药物提及, 将单一药物的多个事件聚合到多个标签中可以提高的模型性能<sup>[44]</sup>, 将该研究用于区分中药煎煮信息属性有异曲同工之妙, 比如, 在数字化“古法煎煮”的数据库中搜索一种中药复方, 可能会对应用到与其相关的加减方或变方, 但是可根据特殊标记, 赋予其不同属性值, 便于准确查找和区分出所需要的煎煮信息。

### 3.3 过程分析技术

PAT 采用过程检测、数学建模、数据分析等技术, 包括传感器、近红外光谱、紫外光谱、拉曼光谱等光谱技术, 对中药制剂生产各个环节的关键指标进行实时收集、分析、反馈、控制以及持续

改进<sup>[45]</sup>。可通过统计分析得到表征过程状态或药物属性的过程特征参数, 同时结合数据驱动算法对关键成分指标进行定性、定量建模, 以实现过程质量变化的实时感知与监控, 在中药煎煮过程中, 能够掌控煎煮过程中各成分浓度的实时变化, 获取检测数据, 进行实时调节, 明确提取终点<sup>[2]</sup>。陈卡卡等<sup>[46]</sup>利用近红外光谱分析技术, 建立了一种可用于在线监测参灵草提取配制过程的方法, 该方法可以进行实时质量质控和放行验证, 且通过实验表明该模型能够较为准确地预测参灵草系列产品的成分含量, 能够用于生产过程中的在线质量检测, 从而消除中间产品放行的等待时间, 实现生产的连续性。刘薇等<sup>[29]</sup>为实现中药提取装置的在线监测和终点自动确定, 以朗伯-比尔定律和中药提取动力学模型为基础, 应用紫外光谱分析技术, 建立了紫外光吸光度动态模型, 提出了一种包括曲线回归、鲁棒性和终点计算在内的紫外光吸光度动态分析和终点确定新的方法, 该方法实现了中药提取过程的在线监测和终点自动判定。熊皓舒等<sup>[47]</sup>归纳了中药制药 PAT 研究的总体思路, 通过对中药制药 PAT 技术固有特点和现状分析, 总结了 PAT 的 5 个关键技术, 分别是: 过程认知、过程检测、过程建模、过程控制、持续改进。根据前人对 PAT 关键技术环节的概括总结以及在中药提取中的应用, 可将其应用在数字化的中药古法煎煮, 主要包括: 在过程认知中明确煎煮信息和煎煮工艺; 在过程检测中以常见的过程分析技术, 进行实时监控; 在过程建模中依靠机器学习和深度学习等人工智能算法建立个性化中药煎药的数学模型; 在控制煎煮过程中的实测值与预测值的偏差, 判断煎煮终点。提高中药古法煎煮过程的数字化、智能化分析。如图 3 所示。

### 3.4 物联网系统

古法煎煮的数字化信息系统与智能煎煮设备的联用需要一个中间媒介将两者联系起来, 达到实现数字化古法煎煮信息对中药煎煮设备的智能化调控。物联网通过互联网链接各种设备和物体, 实现信息的传递和互动, 并使它们能够在不需要人工干预的情况下自动完成日常任务, 最终构建智能空间。物联网技术在数字医疗领域的有了里程碑进步, 物联网医疗设备的数量更是呈指数级增长<sup>[48]</sup>。其中有研究利用技术和自动化的创新来改进传统的药物管理流程, 在养老院集群网络中发起了结合信息技术、自动化技术和物联网的综合药物管理服



图3 过程分析技术关键环节

Fig. 3 Key links in process analytical technology

务解决在目前香港养老院的药物管理做法耗时、劳动密集,而且容易出错的问题,初步研究表明,创新的药物管理方案结合了信息技术、自动化技术和物联网组件,提高了养老院的用药时间效率和用药安全性<sup>[49]</sup>。但物联网技术在药物尤其是中药领域的应用研究还较少。有学者利用区块链技术,建立和完善中药质量追溯体系,确保信息流通的安全性和窄带物联网技术的低能耗,构建覆盖范围广、成本低的安全可靠系统,为数据采集和传输提供安全可靠的技术支撑,并结合利用互联网和云平台,对药材流通过程中的信息进行实时采集、填报和审核,依托物联传感设备进行第三方实时验证,以提高源信息的准确性,通过对药品流通各个环节进行分级管控,严格按照中药材供应标准,形成药品流通信息环路,实现全过程监管<sup>[50]</sup>。因此,可参考物联网系统设计,将中药古法煎煮数字化信息系统与煎煮设备连接一体,实现信息共享,实时对煎煮机进行智能调节和管控。

#### 4 总结与展望

中医药逐渐受到人们的重视和青睐,习近平总书记也对中医药的传承作出重要指示,强调要遵循中医药发展规律,传承精华、守正创新,为建设健康中国、实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量。传统中药制造业存在一系列问题有待解决,因此人工智能技术与中药制造业的结合为产业发展的必然趋势<sup>[51]</sup>。科技进步与信息化水平的不断提高,为推动中药走向世界,实现中药产业的发展,中医药制造产业须向信息化、智能化方向发展。我国中药生产领域智能化、数字化转型的浪潮势不可挡,发展迫在眉睫,因此,需要与数字化、智能化

技术进行深度融合。

中药古法煎煮作为中药生产中的一个重要环节,在这场技术变革的时代浪潮中也有了新的发展机遇。本文基于古法的中药数字化发展趋势与展望有以下几个方面。第一,数据库的建立,数据库在医药信息管理与储存方面应用广泛。其中,中医药数据库在弥合中医药与现代医学之间的差距,促进中医药的普及方面发挥着至关重要的作用<sup>[52]</sup>。随着中医药研究的发展,已经出现了功能强大、全面的中医药数据库<sup>[53]</sup>。如:可开采基因组的数据库,能应用于未来草药安全性记载、药物发现、草药资源保护与合理使用研究传统药物<sup>[54]</sup>;以及包含更为详细的中药配方、中草药及其成分,可用于中药质量标记物鉴定、中药衍生药物的发现和再利用以及中药抗各种人类疾病的药理机制研究的数据库<sup>[55]</sup>。而在中药古法煎煮方面包含各种中药煎煮方剂名以及对应中药古法煎煮工艺的数据库还缺少整理归类形成完备齐全的数据信息,因此建立以中药古法煎煮为主的数据库,是实现数字化古法煎煮的基础。第二,人工智能的引入,人工智能在数据挖掘中起着至关重要的作用,特别是近年来,以深度学习为代表的新一代人工智能在食品、农产品光谱数据分析方面取得了突破性进展<sup>[56]</sup>。因此引入深度学习等用于信息挖掘、收集、分析的技术,挖掘收集传统经典名方、名老中医经辨证论治后开具的临床处方,以及相关古法煎煮工艺的相关研究,分析整理形成规范的数字化煎煮信息,辅助构建数字化中药古法煎煮信息系统;第三,过程分析技术,近些年过程分析技术,包括电化学传感器、近红外光谱、拉曼光谱、在线微波检测等逐渐应用在食品、药品

的生产过程中,进行实时的指标检测与数据反馈,在中药古法煎煮生产中对关键成分、检测指标进行建模,不断完善和提升个性化的煎煮过程分析数学模型,以实现过程质量变化的实时感知与监控,在中药煎煮过程中,能够掌控煎煮过程中各成分浓度的实时变化,获取检测数据,实时调节,确定煎煮终点。第四,物联网系统的加持,能够让数字化中药古法煎煮信息与煎煮设备、人工智能和过程分析系统之间实现信息资源共享。在政策方面,国家卫生健康委员会也一直在积极推进医疗物联网在智慧医院中的应用,物联网引入不仅可以大量的中药古法煎煮信息通过网络通信技术,提供完善、充分、智能的服务,还可以结合各类传感器、基础设施设备、智能化终端与煎煮信息系统联接在一起,实现煎煮数据的获取、传输、处理、分析及应用,以满足现代数字化的中药古法煎煮需求,消除“古法煎煮信息孤岛”和“数据碎片化”,实现数字化中药古法煎煮的设备相互感知、信息相互关联、煎煮工艺智能化。

综上所述,高新技术的应用不仅促进中药古法煎煮的数字化在高速发展的时代以新的方式发挥更高的价值,更让传统中医药文化在信息化时代大放异彩,凸显传统中医药特色,还推动中药古法煎煮创新发展,加快中药数字化智能制造的步伐。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 张明令. 中药煎煮质量的主要影响因素分析 [J]. 临床合理用药, 2023, 16(14): 178-181.
- [2] 胡蕴慧, 刘朋, 熊皓舒, 等. 数智中药: 现代中药数字化升级与创新 [J]. 中草药, 2024, 55(1): 1-11.
- [3] 中共中央、国务院关于促进中医药传承创新发展的意见 [N]. 人民日报, 2019-10-27(001).
- [4] 林树元, 瞿溢谦, 刘畅, 等. 中医药人工智能发展述评及技术融合趋势探讨 [J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(11): 5384-5389.
- [5] 马艳芹, 张蓉蓉, 房吉祥, 等. 浅析汤剂煎煮在中药临床药学中的重要性 [J]. 首都医药, 2014, 21(14): 78-79.
- [6] 明·李时珍. 本草纲目 [M]. 北京: 线装书局, 2019: 94-99.
- [7] 清·徐灵胎著. 刘洋校注. 医学源流论 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2008: 43-44.
- [8] 明·李时珍编纂. 刘衡如, 刘山水校注. 本草纲目: 新校注本 [M]. 4版. 北京: 华夏出版社, 2011: 43.
- [9] 元·危亦林撰. 田代华. 世医得效方 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 14.
- [10] 明·陈嘉谟撰. 张印生, 韩学杰, 赵慧玲主校. 本草蒙筌 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 2009: 21-22.
- [11] 尤雯, 鹿竞文, 唐玲, 等. 门诊患者中药汤剂煎煮知识掌握现状调查及分析 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(2): 1-3.
- [12] 张文瑞, 薛静. 门诊患者中药煎煮掌握情况调查与分析 [J]. 临床合理用药杂志, 2022, 15(17): 147-150.
- [13] 张波, 张殿珏. 利用煎药机改进传统中药熬制工艺的做法 [J]. 中国农村卫生事业管理, 2005, 25(5): 57-58.
- [14] 袁鑫, 吴招娣, 吴俊标, 等. 中药复方传统煎煮与机器煎煮研究汇集分析 [J]. 现代中医药, 2022, 42(3): 56-61.
- [15] 张洁. 中药煎煮机与传统煎药法的比较 [J]. 山西中医, 2013, 29(5): 39.
- [16] 孙甜, 沈云飞. 中药煎煮管理新模式的构建与成效 [J]. 中医药管理杂志, 2022, 30(14): 146-148.
- [17] 曹银平. 和利时, 做医药行业智能转型的推动者: 2019医药行业智能制造解决方案分论坛在京成功举办 [J]. 自动化博览, 2020, 37(1): 10-11.
- [18] 商洪才, 张晓维. 数智融合促进中医药传承创新发展 [J]. 北京中医药, 2023, 42(5): 464-466.
- [19] 江民财, 李智彪, 赵化勇, 等. 基于经典名方煎法的中药复方煎煮方案推荐系统研究 [J]. 现代信息科技, 2023, 7(5): 98-101.
- [20] 王奕方, 王雪茜. 《伤寒论》及《金匱要略》同方不同煎煮方法现象探究 [J]. 江苏中医药, 2022, 54(5): 68-70.
- [21] 林树元, 刘畅, 李煜, 等. 中医在人工智能时代的挑战与经方智能化研究思路 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(2): 448-451.
- [22] 商洪才: 智能驱动, 促进中医药创新发展 [J]. 中国科技奖励, 2023(8): 37-38.
- [23] 徐立然, 戴卫. 中医药产业的数字化转型 [J]. 人民论坛, 2020(15): 162-164.
- [24] 张丽丽, 曹婷婷, 李梦, 等. 中药智能产业的发展与展望 [J]. 世界中医药, 2021, 16(2): 346-350.
- [25] 南京迦南比逊科技有限公司. 一种中药饮片方剂智能配药、投料补药与煎煮系统: CN202120927283. X [P]. 2022-01-18.
- [26] 中日友好医院 (中日友好临床医学研究所). 中药古方煎煮水量估算方法、存储介质及智能煎煮设备: CN202011138313. 5 [P]. 2021-02-05.
- [27] Aung Y Y M, Wong D C S, Ting D S W. The promise of artificial intelligence: A review of the opportunities and challenges of artificial intelligence in healthcare [J]. *Br Med Bull*, 2021, 139(1): 4-15.
- [28] 郭正飞, 戴连奎. 基于近红外谱形分析的中药提取过程终点判断 [J]. 光谱实验室, 2013, 30(5): 2418-2423.
- [29] 刘薇, 戴连奎. 中药提取过程在线紫外动态趋势回归分析及终点判定 [J]. 光谱学与光谱分析, 2017, 37(2): 497-502.

- [30] 吴思俊. 基于近红外光谱技术的中药制药工艺终点判断方法研究 [D]. 天津: 天津中医药大学, 2021.
- [31] Arden N S, Fisher A C, Tyner K, *et al.* Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future [J]. *Int J Pharm*, 2021, 602: 120554.
- [32] 张滕, 任明, 郭利平. 数据库技术在中医药领域的应用现状 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2016, 14(14): 1628-1630.
- [33] 杨其霖, 田思胜, 马梅青. 中医药古籍文献数据库建设研究与思考 [J]. 中国医药导报, 2018, 15(7): 119-122.
- [34] 谢伯添. 中药毒性数据库的构建及应用研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2022.
- [35] 王辛浩, 单艳. 探究 Python 语言下网络爬虫的技术特点及应用 [J]. 数字技术与应用, 2022, 40(10): 85-87.
- [36] 赵鑫, 刘玉, 孔凡功, 等. 数字化集成信息增量学习算法仿真研究 [J]. 计算机仿真, 2022, 39(7): 362-365.
- [37] 傅诏午. 数据中心智能设备联动控制系统的设计 [J]. 电子技术, 2021, 50(11): 25-27.
- [38] Wang Y L, Shi X M, Li L, *et al.* The impact of artificial intelligence on traditional Chinese medicine [J]. *Am J Chin Med*, 2021, 49(6): 1297-1314.
- [39] Arji G, Safdari R, Rezaeizadeh H, *et al.* A systematic literature review and classification of knowledge discovery in traditional medicine [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2019, 168: 39-57.
- [40] Iancu A, Leb I, Prokosch H U, *et al.* Machine learning in medication prescription: A systematic review [J]. *Int J Med Inform*, 2023, 180: 105241.
- [41] Rodríguez-Fernández R, Fernández-Gómez Á, Mejuto J C, *et al.* Modelling polyphenol extraction through ultrasound-assisted extraction by machine learning in *Olea europaea* leaves [J]. *Foods*, 2023, 12(24): 4483.
- [42] Dai H J, Su C H, Lee Y Q, *et al.* Deep learning-based natural language processing for screening psychiatric patients [J]. *Front Psychiatry*, 2020, 11: 533949.
- [43] Anzabi Zadeh S, Street W N, Thomas B W. Optimizing warfarin dosing using deep reinforcement learning [J]. *J Biomed Inform*, 2023, 137: 104267.
- [44] Gan Q W, Hu M K, Peterson K S, *et al.* A deep learning approach for medication disposition and corresponding attributes extraction [J]. *J Biomed Inform*, 2023, 143: 104391.
- [45] 朱卫丰, 沈玉, 邓攀, 等. 过程分析技术在中药制造业中的应用 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(9): 2299-2307.
- [46] 陈卡卡, 钟志坚, 蔡润发, 等. 采用近红外技术在线检测参灵草提取浓缩液和配制液指标 [J]. 中国科技信息, 2022(9): 85-86.
- [47] 熊皓舒, 张婧, 章顺楠, 等. 中药制药过程分析技术方法学研究与应用进展 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(1): 22-29.
- [48] Mavrogiorgou A, Kiourtis A, Perakis K, *et al.* IoT in healthcare: Achieving interoperability of high-quality data acquired by IoT medical devices [J]. *Sensors*, 2019, 19(9): 1978.
- [49] So K H, Ting C W, Lee C P, *et al.* Medication management service for old age homes in Hong Kong using information technology, automation technology, and the Internet of Things: Pre-post interventional study [J]. *JMIR Med Inform*, 2021, 9(2): e24280.
- [50] 施明毅, 刘崇玉, 温川飙, 等. 基于区块链与 NB-IOT 物联网的中药材流通质量追溯系统的设计与研发 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(17): 4267-4272.
- [51] 王莹, 肖莉, 陈伟, 等. 中药智能制造的发展与展望 [J]. 中医药导报, 2022, 28(3): 37-39.
- [52] Yang D Q, Zhu Z, Yao Q, *et al.* ccTCM: A quantitative component and compound platform for promoting the research of traditional Chinese medicine [J]. *Comput Struct Biotechnol J*, 2023, 21: 5807-5817.
- [53] Li L, Yang L L, Yang L Q, *et al.* Network pharmacology: A bright guiding light on the way to explore the personalized precise medication of traditional Chinese medicine [J]. *Chin Med*, 2023, 18(1): 146.
- [54] Liao B S, Hu H Y, Xiao S M, *et al.* Global Pharmacopoeia Genome Database is an integrated and mineable genomic database for traditional medicines derived from eight international pharmacopoeias [J]. *Sci China Life Sci*, 2022, 65(4): 809-817.
- [55] Zhang Y Q, Li X, Shi Y L, *et al.* ETCM v2.0: An update with comprehensive resource and rich annotations for traditional Chinese medicine [J]. *Acta Pharm Sin B*, 2023, 13(6): 2559-2571.
- [56] An D, Zhang L, Liu Z, *et al.* Advances in infrared spectroscopy and hyperspectral imaging combined with artificial intelligence for the detection of cereals quality [J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2023, 63(29): 9766-9796.

[责任编辑 王文倩]