

• 综 述 •

中药鲜药“因鲜而效”活性成分的动态演变规律研究进展

刘雨珍¹, 姚 亮^{1,2}, 王妍妍^{1,2,3}, 邵沐辰¹, 陈 晗¹, 方 茜¹, 陈卫东^{1,2,3,4*}, 季俊虬^{5*}

1. 安徽中医药大学药学院, 安徽 合肥 230012

2. 省部共建安徽道地中药材品质提升协同创新中心, 安徽 合肥 230012

3. 中药资源保护与开发研究所, 安徽 合肥 230012

4. 安徽省中药复方重点实验室, 安徽 合肥 230012

5. 合肥立方制药股份有限公司, 安徽 合肥 230088

摘 要: 中药鲜药素有“因鲜而效”的独特优势, 其核心在于活性成分保留完整、生理活性高。然而, 鲜药在生长和采后成分易变、保鲜技术滞后及标准缺失制约其临床推广。通过系统梳理鲜药应用的历史沿革, 阐释“因鲜而效”的物质基础, 归纳鲜药活性成分在采前遵循时空积累、采后发生物理逸散、酶促氧化及水解聚合等动态变化, 提出以保留优势活性成分为核心的分类加工与精准贮藏策略。旨在揭示鲜药“因鲜而效”的科学内涵, 为鲜药活性成分保护、品质提升与现代化应用提供理论依据与思路。

关键词: 中药; 鲜药; 应用历史; 活性成分; 动态演变规律

中图分类号: R283 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2026)14-5677-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.14.027

Research progress on dynamic evolution rules of active components in fresh traditional Chinese medicines “effective due to freshness”

LIU Yuzhen¹, YAO Liang^{1,2}, WANG Yanyan^{1,2,3}, SHAO Muchen¹, CHEN Han¹, FANG Qian¹, CHEN Weidong^{1,2,3,4}, JI Junqiu⁵

1. School of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230012, China

2. Ministry of Education-Anhui Joint Collaborative Innovation Center for Quality Improvement of Anhui Genuine Chinese Medicinal Materials, Hefei 230012, China

3. Institute of Traditional Chinese Medicine Resources Protection and Development, Hefei 230012, China

4. Anhui Provincial Key Laboratory of Chinese Medicinal Formula, Hefei 230012, China

5. Hefei Lifeon Pharmaceutical Co., Ltd., Hefei 230088, China

Abstract: Fresh traditional Chinese medicine (Fresh herbs) has the unique advantage of being effective due to its freshness, with the core being the complete retention of active ingredients and high physiological activity. However, the clinical promotion of fresh drugs is restricted by the variability of their components during growth and after harvest, the lagging preservation technology and the lack of standards. This article systematically reviews the historical evolution of the application of fresh herbs and explains the material basis for efficacy due to freshness, summarizes the dynamic changes of the active ingredients of fresh herbs, such as spatio-temporal accumulation before harvest, physical escape, enzymatic oxidation and hydrolytic polymerization after harvest, and proposes a classification processing and precise storage strategy centered on retaining dominant active ingredients. It aims to reveal the scientific

收稿日期: 2026-02-26

基金项目: 安徽高等研究院校企联合科研与人才培养项目(2024HZ067); 国家中医药管理局传统中医学高水平重点学科建设项目—中药资源学(药用植物学)(zyzdxx-2023095); 省部共建安徽道地中药材品质提升协同创新中心(教科信厅函[2022]4号)

作者简介: 刘雨珍, 博士研究生, 研究方向为道地药材品质提升与开发。E-mail: 953931482@qq.com

***通信作者:** 陈卫东, 博士, 教授, 从事道地中药材品质提升等研究。E-mail: wdchen@ahtcm.edu.cn

季俊虬, 高级工程师。E-mail: 13805692239@163.com

connotation of efficacy due to freshness of fresh herbs, and provide theoretical basis and ideas for the protection of active ingredients, quality improvement and modern application of fresh herbs.

Key words: traditional Chinese medicine; fresh herbs; history of application; active components; evolution rules

中药鲜药(简称鲜药)是指新鲜的动、植物药,在顺应季节采收后不经过任何干燥及加工处理,在中医药理论指导下应用于治疗疾病的一种原生药材。鲜药在清热、凉血、生津、急救等方面具有干品难以替代的优势,素有“因鲜而效”之说^[1-2]。现代研究证实,这种独特疗效源于鲜药对挥发性、热敏性、水溶性成分及多糖等活性物质的完整保留^[3-4]。然而,这些活性物质在生长和采收后的动态变化导致药性改变^[5],这也是鲜药保鲜难、疗效不稳定、难以工业化应用的核心瓶颈。目前鲜药研究多集中于单一成分在特定时期的含量比较,缺乏将采前积累规律、采后动态演变与适配性加工贮藏策略相结合的系统认识。

基于此,以鲜药活性成分动态演变为核心主线,系统梳理其从生长发育至采收后各阶段的成分积累、转化与衰减规律。有别于以往对特定成分的静态分析,本文将采前时空积累、采后生化转变与适配性加工贮藏策略纳入统一框架,旨在从成分动态演变视角诠释鲜药“因鲜而效”的科学内涵,为建立系统性鲜药质量控制体系、推动鲜药高品质开发利用及临床规范化推广提供理论依据与策略参考。

1 中药鲜药的理论基础与特点

1.1 鲜药的历史沿革与中医理论

鲜药作为中医药理论下一种独特的用药形式,其应用贯穿中华传统医学的起源与发展。《神农本草经》关于药物“生熟土地所出,真伪陈新,并各有法”的记载,说明鲜药质量控制在使用时的重要性。

上古至战国秦汉时期是鲜药应用的萌芽阶段。《神农本草经》提出“生者优良”,将“鲜”视为药物优质形态的重要标准,明确了鲜药可保留本真药性的基本认知。这一时期的文献已经记载鲜药的临床应用,如《五十二病方》记载鲜山药汁内服治疗牝痔,《山海经》提到鲜佩兰、天婴等治疗蛊症、痤疮。这些应用说明鲜药已初步形成内外并用的用药思路。

唐宋时期,随着临床经验积累,鲜药应用范围进一步扩大。唐代皇家设药园,宋代药园逐渐普及民间,形成了按需种植、即时采收的供应方式。孙思邈在《备急千金要方》中记载马齿苋鲜汁内服外用治疗小儿丹毒,在《备急千金翼方》中又记载薄

荷可煮汁服或生食,体现了鲜药在清热解毒、辛凉解表等方面的应用。《太平惠民和剂局方》收录鲜麦门冬饮子,以生麦门冬汁、生地黄汁等治疗肺胃热盛所致出血;《杨氏家藏方》所载“四味丸”后发展为《妇人良方》中的四生丸,成为凉血止血的经典方剂,进一步强化了鲜药清热止血的应用认识。

元明清时期,鲜药应用进入鼎盛阶段,尤其在温病学发展中表现突出。温病学强调热邪伤津、阴虚内热的病机,而鲜药具有清热、生津、滋阴、通利等特点,逐渐形成“鲜药治温病”的诊疗思路。李时珍《本草纲目》收录大量包含鲜药的复方,拓展了鲜药的临床应用范围。清代叶天士在《临证指南医案》中使用鲜石菖蒲、鲜生地黄等治疗暑邪病证。吴鞠通创制五汁饮、清络饮,以鲜药为主,成为温病学中滋阴清热祛暑的经典方剂。王旭高、雷丰等医家亦从清热、滋阴、化湿等方面丰富了鲜药应用理论。

民国及建国初期,鲜药应用继续传承并与临床实践紧密结合。张锡纯在《医学衷中参西录》中记载生山药、鲜茅根、鲜藕、鲜小蓟根等鲜药的应用,强调鲜品在补益、清热、利湿等方面的疗效。丁甘仁治疗温病时善用鲜荷梗、鲜荷叶、鲜薄荷等,延续了温病学派运用鲜药清热生津的经验。但由于鲜药在保鲜、贮藏和流通方面存在局限,干制饮片逐渐成为药材应用主流。相关鲜药应用历史见表 1。

现代时期,中医传统理论与现代科技相互印证使得鲜药的研究迎来创新发展。20 世纪 90 年代,朱良春教授倡导挖掘保护鲜药,因此掀起鲜药相关的研究热潮。低温干燥、超高压处理、液氮速冻等加工保鲜技术破解鲜药传统加工活性成分流失难题,呼应了中医“保留药物原性”的核心理论^[6]。现代药理研究证实,鲜药中含有挥发油、黄酮类、皂苷等有效成分,其抗肿瘤、抑菌、抗炎、抗氧化等药理作用,与中医“清热解毒、扶正固本”理论高度契合^[7]。目前,开发出鲜药相关的胶囊、微乳、冻干粉等多种剂型,如鲜益母草胶囊、金水鲜胶囊、鲜天麻胶囊、转移因子口服液及鱼腥草滴眼液等^[8-9],实现了中医理论“守正创新”的发展理念。此外,《中国药典》对鲜药的收录情况,在很大程度上反映

表 1 鲜药的发展历史、代表理论和应用

Table 1 Historical development, representative theories and applications of fresh herbs

时期	阶段特征	中医理论	典籍/代表医家	鲜药应用
上古至秦汉	初步形成鲜药内服、外用体系，明确“鲜”为优质药性形态	生者优良、急则治其标、外治内调	《神农本草经》 《五十二病方》 《山海经》 《伤寒杂病论》 《金匱要略》 《肘后备急方》	生姜、地黄 山药 佩兰 生姜泻心汤 百合地黄汤、防己地黄汤 青蒿绞汁、生天冬汁、鲜葛根水、生葛根汁、生刺蓟汁、生香薷汁
唐宋时期	鲜药应用范围扩大	依时取药、清热凉血、滋阴生津	《备急千金要方》 《备急千金翼方》 《太平惠民和剂局方》 《济生方》 《妇人良方》	鲜蒲公英、板蓝根鲜叶、芦根引方、竹沥汤 鲜薄荷、泽兰汤 鲜麦门冬饮子、马齿苋汁、生藕汁 大蓟饮、大苏饮、生葛散 四生丸、生地黄
元明清时期	鲜药治温病	清热滋阴、生津润燥、辨证施治	《本草纲目》 《临证指南医案》 《温病条辨》 王旭高 《时病论》	鲜菟丝子、鲜鱼腥草 鲜石菖蒲、鲜生地黄 五汁饮、清络饮 鲜藕节、鲜藿香 鲜参叶、鲜参叶
民国至建国初期	传承温病学派鲜药应用经验，临床应用受限	清热生津、扶正祛邪	《医学衷中参西录》 丁甘仁	生山药、三鲜饮、瓜蒌、鲜白茅根汤、鲜莱菔片 鲜荷梗、鲜石斛、鲜沙参、鲜地黄、鲜荷叶、鲜藕节、鲜薄荷

了特定历史阶段主流医药界对鲜药价值的认可与重视。笔者以“鲜”为关键词检索历届药典发现，尽管历版收载的药材种类不断丰富，但明确标注“鲜用”的品种却总体呈减少趋势^[10]。然而，芦根、鱼腥草、石斛和地黄历版《中国药典》始终被明确收载为具有鲜用用途的药材（图 1）。其原因可能在于鲜品在核心功效上具有干品难以替代的独特优势，且长期临床实践反复验证了鲜用的必要性与优越性。

1.2 鲜药“因鲜而效”的物质基础

鲜药的临床应用范围广泛，尤其在急症、表证、热证及皮肤病等领域有比较明显的治疗效果^[1,11]。以地黄为例，鲜地黄味甘苦、性寒，较干地黄更偏于清热凉血、生津止血，常用于热入营血、血热妄行及热病伤津等证，对于高热烦渴、舌绛、吐血、衄血等表现尤具针对性，说明鲜地黄之所以长期保留于《中国药典》鲜用条目中，正归因于鲜用下的清热特性。郎林艳等^[12]通过数据挖掘发现，鲜药的活性成分含量通常比干品高，药理作用也更强。如以梓醇为代表的环烯醚萜苷类成分是鲜地黄中的主要活性成分，具有保肝、降糖、抗抑郁等药理作用。然而加热后，苷类成分分解成葡萄糖和相应的苷元，导致其含量降低，相应的药理作用下降^[13]。

因此，鲜品和干品间活性成分的差异正是鲜药“因鲜而效”的物质基础。

尽管陈斌等^[5]和贾晓斌等^[14]指出鲜药药效物质基础研究仍处于初步阶段，但大量证据表明，鲜药“因鲜而效”的特性并不仅是单纯的成分变多，而是源于鲜品在活体水合状态下维持的特有物质基础。这些特有物质及其存在形态，在干品中因熵驱动的化学重排、酶促降解与结构重塑而难以复现，其间的差异主要体现在以下 3 个层面。

（1）在成分类型方面：由于鲜药未经历或仅经较轻微的加工处理，通常能够较完整地保留植物体内原有的挥发性、热敏性等成分。此类变化并不只是简单的数量减少，而是反映了鲜品中原有化学成分种类的变化，进而造成药效方向与作用特点的改变。如鲜生姜与干姜虽然同属姜科药材，但其成分和药效侧重明显不同。鲜生姜中挥发油及姜辣素类等成分保留较完整，整体偏于发散、轻灵和即时性作用；而干燥或加热后，部分挥发性成分散失，姜辣素进一步转化为姜烯酚，药性则更趋温中散寒、回阳通脉^[15]。再如鲜地黄味甘、苦，性寒，炮制加工成生地黄或熟地黄，寒性和苦味减弱，功能由清热转温补。从挥发油类成分角度阐释，油类具有润肠通便或致泻等作用，鲜地黄炮制后，肉豆蔻醚和

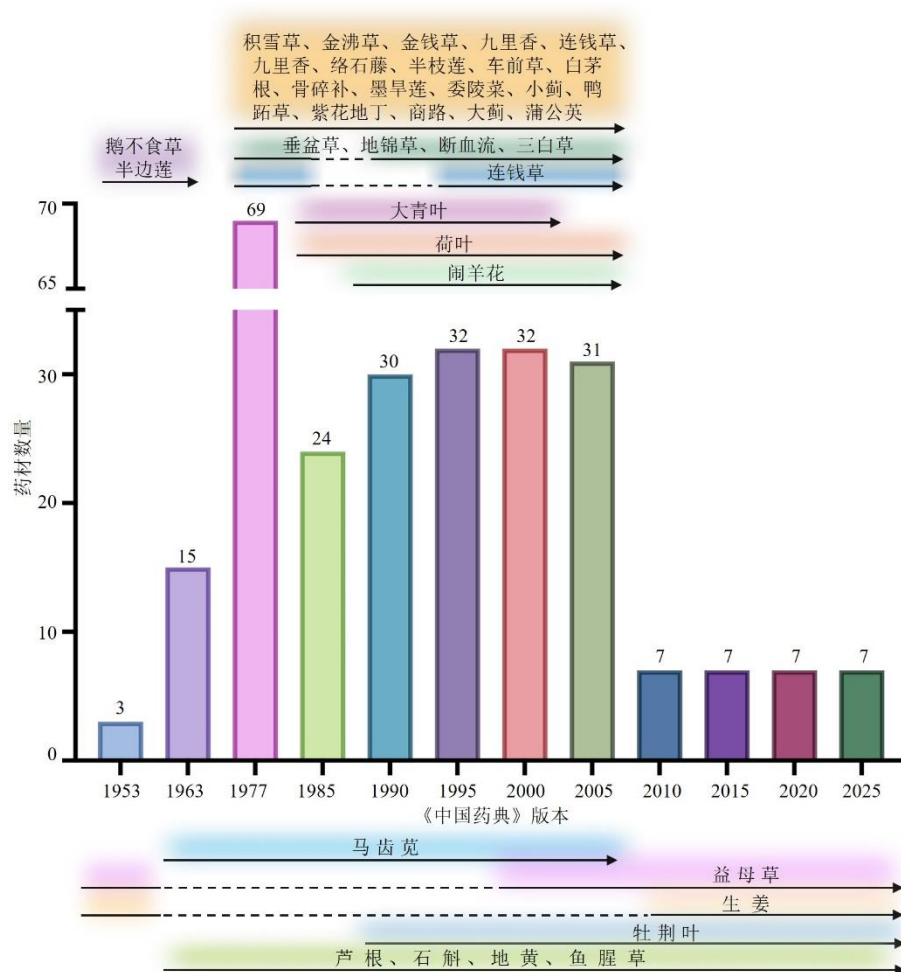


图 1 历版《中国药典》收录鲜药数量变化及代表性鲜药收录沿革

Fig. 1 Changes in number of fresh herbs recorded in successive editions of *Chinese Pharmacopoeia* and evolution of representative fresh medicine inclusion

棕榈醛等成分消失，从而减少苦寒滑肠，增强温补作用^[16]。

(2) 在含量方面：鲜药中某些对药效起主导作用的物质，如挥发油、有机酸、可溶性糖、氨基酸、黏液质、部分苷类及天然水溶性小分子等，往往在新鲜状态下保存较多；而经过干燥、贮藏或炮制后，这些成分可能因挥发、氧化、水解、热解或酶促转化而明显减少，从而影响药效强度和作用速度。鲜石斛中黏液质、多糖及部分可溶性成分较多，鲜嚼时可直接感知其“多汁而黏润”，这也是其养胃生津、滋阴润燥的重要物质基础。干燥后的石斛虽然便于保存，但部分易溶出成分和黏液质含量表现下降，浸出特性也发生变化，因此鲜石斛常被认为在“生津”方面更优^[17]。丙二酰基人参皂苷，这类酸性皂苷具有清热生津、滋阴降火的独特功效。鲜人参提取物中酸性皂苷占比 58%，而干燥过程触发脱羧

水解，使其占比下降，药性逆转为温补固脱^[18]。再如鲜山楂与炮制后的山楂，前者含有丰富的有机酸（如枸橼酸、苹果酸等）和黄酮类成分。这些有机酸能直接刺激胃酸分泌，黄酮类成分对于调血脂作用相对明显，因此消食化积和调血脂的作用较强，而后者在加工后酸性成分下降、部分多酚氧化聚合，药效则表现出更为缓和和偏于消食导滞^[19]。

(3) 在形态结构方面：鲜药中的活性成分多以游离态或原生络合态存在，其生物利用度相对较高。一旦经过加工，部分成分会转变成结合态或聚合物形态，从而影响机体对有效成分的吸收效率。鲜石斛中的多糖、黏液质和糖蛋白类物质多以天然水合胶体态存在，这种状态有利于黏膜附着、润养胃阴和延缓局部水分散失。干燥后，其胶体体系收缩，大分子发生部分断裂，尽管总多糖未必全部消失，但其空间构象和分散状态发生变化，从而影响

溶出性与生物学活性^[17]。故鲜石斛“生津力优于干品”，很大程度上来自其成分存在形式的优势。因此，鲜药与干品在临床应用中各有侧重。鲜药

擅于清热、生津、发散、解毒等即时性、外感性病症，而干品则更适合用于温补、缓调、固脱及需要长期储存与配伍的方剂，代表性鲜药的应用见表 2。

表 2 中药鲜品、干品及炮制品性状与功效差异总结

Table 2 Summary of differences in properties and therapeutic effects among fresh, dried, and processed Chinese medicines

品种	药材	成分种类及含量差异	药性	药效
姜	生姜	挥发油、姜辣素等保留较完整，辛香成分含量较高	辛散、轻扬	解表散寒、温胃止呕
	干姜	部分挥发性成分散失，组分转化，挥发油含量下降	温煦、内守	温中散寒、回阳通脉
薄荷	鲜品	芳香挥发性成分较完整，挥发油含量较高	辛凉轻清	疏散风热、清利头目
	干品	部分芳香成分逸散，挥发油含量下降	辛散之性减弱	疏散风热、清利头目
紫苏	鲜品	芳香成分保留较多，挥发油含量较高	辛散而不烈	解表散寒、行气和胃
	干品	芳香成分减少，挥发油含量下降	辛散性减弱	解表散寒、行气宽中
藿香	鲜品	芳香化湿成分较完整，挥发油较多	芳香偏烈	化湿醒脾、解暑止呕
	干品	特征性芳香成分减少，挥发油下降	芳香性减弱	化湿和中、解暑止呕
鱼腥草	鲜品	不稳定活性成分保留较多，有效挥发性成分较高	清透	清热解毒、消痈排脓、利尿通淋
	干品	易挥发成分减少，特征成分下降	清解之性减弱	清热解毒、消痈排脓
芦根	鲜品	水溶性成分和富含汁液的活性形态得以完整保留	甘寒而润	清热生津、除烦止呕、利尿通淋
	干品	部分汁液性成分损失，可溶性成分下降	润泽性减弱	清热生津、止呕、利尿通淋
石斛	鲜品	多糖、黏液质等保留较好，可溶性多糖较高	甘润养阴	养阴生津、益胃润燥
	干品	胶质类成分改变，多糖保留下降	甘润性减弱	养阴益胃、润燥生津
百合	鲜品	黏液质、可溶性糖较完整，润养类成分较高	甘润柔和	润肺止咳、养阴清心、安神
	干品	部分润养成分减少，润泽性下降	鲜润感减弱	润肺止咳、养阴安神
山楂	鲜山楂	有机酸和黄酮类成分较高	酸甘而活	消食化积、活血化瘀
	炒/焦山楂	有机酸和黄酮类成分减少，酸性下降	收涩之性增加	消食健脾、消食止泻
蒜	鲜品	蒜氨酸与蒜酶体系完整，活性前体较高	辛辣刺激	解毒杀虫、行气消积
	干/熟品	前体体系受损，活性生成受限，活性成分下降	辛散性减弱	解毒杀虫、消积
地黄	鲜地黄	水分、环烯醚萜苷、梓醇等保留较多，汁液性成分丰富	甘寒、质润	清热凉血、养阴生津
	熟地黄	蒸制后糖类、氨基酸及部分衍生成分增加，滋腻性增强	甘温、质润	补血滋阴、益精填髓
人参	鲜品	人参皂苷、氨基酸、多糖等较完整，水分含量高	甘微苦、微温	大补元气、生津养血
	干品	水分降低，部分皂苷组分转化，药性更趋平和	甘微苦、温	补气生津、益气安神

2 鲜药活性成分的动态演变规律

鲜药活性成分变化是一个贯穿其生长、采收和贮藏的持续过程。鲜药经历采收前的在体发育和采收后的离体衰败，导致其活性成分同样也在发生着动态变化。因此，理解这种活性成分的动态演变是明确鲜药“因鲜而效”特征成分的前提，也是建立鲜药质控体系的基础。

2.1 采收前活性成分的时空积累与鲜品特征成分的形成

2.1.1 生长周期内成分的错时积累与器官异步响应 植物在不同的生长发育阶段，活性成分的积累速率和总量呈现成分错时积累和器官异步响应的动态变化（图 2）。时间上，多数鲜药活性成分的积累并非线性过程，而是遵循着特定的生命节律。大多数的鲜药（艾叶、玉竹、陈皮、射干等）中挥发油、多糖、黄酮及皂苷类等成分的纵向变化呈现三

段式特征，即生长前期积累缓慢，成熟期达到峰值，随后趋于稳定或下降^[20-23]。出现这类规律的原因，可能和植物体内次生代谢调控网络的动态响应有紧密关联。鲜药进入营养积累旺盛期时，次生代谢物合成途径的相关酶活性会出现明显上调，推动活性成分完成定向积累。活性成分从生长期到成熟期逐步积累的客观规律，给传统本草中以生长年限长、质地坚实者为佳的实践原则，提供了现代科学层面的依据。值得注意的是，在植物成熟期间的同一时间节点上，不同类别次生代谢物的变化方向可能截然相反。随着金银花花蕾成熟度的递增，其酚酸类与黄酮苷类成分总体呈下降趋势，而环烯醚萜苷类成分则上升^[24]，这一现象提示最佳采收期的确立必须紧扣目标活性成分进行具体分析。栀子中西红花苷 I 的含量与药材品质呈正相关关系，含量越高则品质越优，这一标准为采收期的精准判定提供

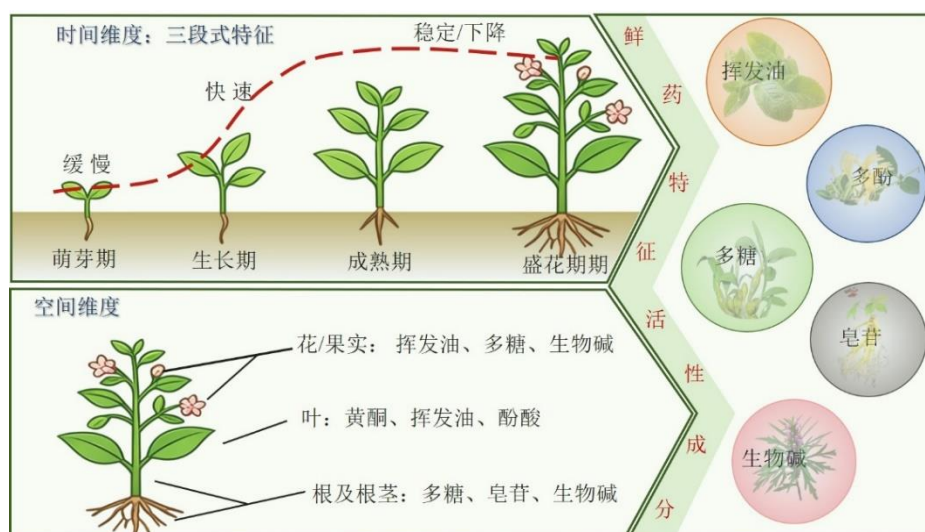


图 2 鲜药采收前活性成分时空积累规律

Fig. 2 Temporal and spatial accumulation patterns of active components in fresh herbs prior to harvest

明确的量化依据^[25]。

传统中医药理论下使用中药时,针对不同物种已经形成固定的用药部位选择惯例,如人参、赤芍入药取根部,石斛取茎部,薄荷则取叶片。结合鲜药活性成分的现有研究重新判断,不同植物器官内的活性成分含量并不均匀,存在明显的器官分布差异。人参皂苷作为人参中的主要活性成分,人参皂苷 Rb_1 大量存在于根部,人参皂苷 Rg_1 、 Rh_1 、 Rd 集中分布在茎叶,人参皂苷 Re 在浆果中达到峰值,人参皂苷 Rb_3 仅在茎部,人参皂苷 F_1 、 Rg_4 仅在浆果部位^[26]。这一发现的临床意义在于,可根据病机体质的不同选择人参的不同部位。人参根中的 Rb_1 型皂苷具有强大的补气作用,正是传统补气应用的科学基础。但茎叶和浆果中特有的皂苷成分具有未被充分认识的生物活性。从鲜用角度看,传统的单一部位应用需要扩展为多部位组合应用。每年 7~10 月采收的赤芍,叶片内没食子酸、芍药内酯苷的含量均高于对应植株的根部^[27]。该研究结论说明,业内长期采用的传统用药部位,可能已经掩盖了鲜药部分部位原本具备的药用价值。如果调整为鲜药用药模式,这些此前未被重视的植株部位,可能会表现出更突出的应用价值。

2.1.2 生长环境胁迫下成分的定向诱导 植物在生长环境中经常面临水分、温度、光照等胁迫因素。传统农业往往视这些胁迫为障碍,但现代生理学逐渐揭示环境胁迫实际上是植物次级代谢的诱导因子,能够显著提高自身的生物合成。

对生长周期满 5 年的人参施加水分胁迫后,其

内部人参皂苷 (Rg_1 、 Rb_1 、 Rf 、 Rg_2 、 Rh_1 、 Rc 和 Rb_3) 的含量都会有所上升。出现该变化的核心原因是水分胁迫会激活植物细胞内糖酵解相关酶的活性,使初级代谢的关键中间体磷酸烯醇式丙酮酸出现大量积累^[28]。低温胁迫也会改变活性成分在植株内部的特异性分布。相关实验数据显示,在 5 °C 环境中生长的人参,叶片和根系内部的原人参二醇型皂苷浓度会出现明显上升,这类变化与生物合成基因 ($CYP716A52v2$ 、 $CYP716A53v2$ 等) 的表达上调直接相关^[29]。水分、温度 2 类胁迫可激活基因转录、增加酶蛋白合成,系统性提高特定皂苷的生物合成能力。冬季采收的人参皂苷含量普遍偏高,是植物应对环境胁迫产生的适应性生化反应。此外,光的质量、强度和周期同样也会对植物次生代谢产物的生成产生影响。现有研究证实补充紫外 B 波 (ultraviolet radiation B, UV-B,) 280~320 nm 可提升关键生物合成酶的活性,对柠檬草精油的总产量提高了 25.7%^[30]。上述各类环境胁迫的作用,为鲜药的功能性栽培提供了新的研究方向。传统农业生产中,会尽量为作物提供适宜生长的环境,核心目标是提升作物的总产量。鲜药种植的核心目标与传统农业不同,不需要追求最大生物量,而是要尽可能提升药效成分的浓度。种植过程中可施加适度的环境胁迫,定向优化鲜药活性成分的含量。具体到人参种植场景中,可在其生长的关键阶段开展控水作业,也可等到冬季自然出现冷胁迫时再完成采收。

基于上述的理论阐述,表 3 汇总了分属不同传统用药部位的代表性鲜药采收前活性成分的动态

表 3 代表性鲜药活性成分在采收前的时空积累规律

药材及用 药部位	鲜品特征成分	时间积累规律	积累峰 值期	成分分布	环境胁迫响应	采收依据	文献
人参根	人参皂苷 (Re、Rb ₁ 、Rg ₁ 、Rd 等)、挥发油	前期缓慢, 成熟期峰值, 趋稳或下降	5~6 年生, 秋季	Rb ₁ 富集于根; Rg ₁ 、Rh ₁ 、Rd 多分布于茎叶; Re 在浆果最高; Rb ₃ 仅存于茎; F ₁ 、Rg ₄ 仅见于浆果	水分胁迫显著提升 Rg ₁ 、Rb ₁ 等含量; 低温胁迫上调原人参二醇型皂苷及相关生物合成基因	秋后采根, 老壮为佳	26
三七根及根茎	人参皂苷 Rg ₁ 、Rb ₁ 、三七皂苷 R ₁ 、黄酮类	总皂苷随株龄增长显著递增, 3 年以上趋于稳定	3~4 年生花前期或秋季果熟后	皂苷主要集中于根, 绒根中皂苷含量高于主根; 茎叶中亦含皂苷但种类有所差异	适度遮光促进皂苷积累; 干旱胁迫激活代谢通路	春三七质嫩, 冬三七质佳	31
薄荷茎叶	薄荷醇、薄荷酮、迷迭香酸、黄酮类	挥发油在盛花期达峰; 黄酮类随叶片成熟先升后降	夏季盛花期	薄荷醇主要富集于叶片腺毛; 茎中挥发油含量显著低于叶片	UV-B 辐射诱导酚类及黄酮合成酶上调; 高温抑制薄荷醇积累	夏秋花开时割取茎叶	32
石斛茎	石斛碱、石斛多糖、菲类化合物	多糖在茎节成熟后持续积累; 石斛碱在生长旺盛期较高, 老茎趋稳	秋冬季至翌年春季	多糖主要分布于茎的基部节间; 菲类化合物在茎中部节间相对富集; 根中含量明显低于茎	低温诱导多糖大量积累; 干旱胁迫提升石斛碱含量	秋后茎肉肥厚、多糖丰富时采收	33
金银花 花蕾	绿原酸、木犀草苷、环烯醚萜苷 (獐牙菜苷)、挥发油	酚酸类与黄酮苷类随花蕾成熟持续下降; 环烯醚萜苷随成熟度同步上升	花蕾期	绿原酸主要富集于花蕾外层花瓣; 环烯醚萜苷在内层花蕾组织含量较高	UV-B 辐射显著促进绿原酸及黄酮生物合成; 干旱胁迫提升总酚含量	含苞待放时晨间采摘	24
栀子果实	西红花苷 I (藏红花素 I)、栀子苷、绿原酸	西红花苷 I 随果实成熟度增加而升高, 与品质呈正相关; 栀子苷积累略早	秋末果实由青转红黄时	西红花苷 I 主要分布于果肉 (外果皮和中果皮); 栀子苷在种子中含量亦较高	低温诱导类胡萝卜素裂解酶活性增强, 促进西红花苷积累	秋冬果熟变黄红时采收	25
赤芍根	芍药苷、芍药内酯苷、没食子酸、苯甲酸	芍药苷积累呈三段式, 秋季根部达峰; 叶中没食子酸和芍药内酯苷 7~10 月高于根部	秋季	根中芍药苷含量最高; 叶中没食子酸与芍药内酯苷含量高于根部	干旱胁迫促进苯丙烷代谢通路活性增强; 低温延缓芍药苷降解	秋季茎叶枯萎、养分回流时采挖	27
艾叶	桉叶素、侧柏酮、艾蒿黄酮、绿原酸、挥发油	挥发油与黄酮均呈三段式积累, 端午前后叶片成熟期达峰	端午节前后, 叶盛期	挥发油主要集中于叶片腺毛 (尤以背面为多); 茎中挥发油含量极低	UV-B 及高温促进萜类挥发油合成; 适当干旱增加挥发油中单萜比例	五月五日采, 叶厚而绒多者为佳	22
鲜地黄	梓醇、地黄苷 D、毛蕊花糖苷、地黄多糖	梓醇在生长旺盛期 (秋季) 积累最高, 鲜品远高于干制品; 多糖随块根膨大持续积累	秋末, 块根膨大充实期	梓醇主要分布于根茎薄壁细胞; 多糖在根茎髓部积累较多; 鲜用可最大程度保留热敏性梓醇	低温促进梓醇积累; 适度水分胁迫提升环烯醚萜类含量	秋季采挖, 鲜用清热凉血效最著	13
玉竹	玉竹多糖、甾体皂苷、高异黄酮、铃兰苦苷	多糖与皂苷均呈三段式积累, 秋季地上部枯萎前达峰; 高异黄酮积累峰值略早于多糖	秋末, 栽培 2~3 年后	多糖主要富集于根茎外层薄壁组织; 高异黄酮在顶端节部含量较高	低温胁迫诱导多糖合成酶活性上调; 适度遮阴提升高异黄酮含量	秋季茎叶枯后采挖, 肥厚质润者佳	20
马齿苋	黄酮类 (槲皮素、异槲皮素等)、多糖、去甲肾上腺素、ω-3 脂肪酸	总黄酮含量随生长期延长逐渐降低; 水分含量随生长期延长逐渐降低	幼嫩期或初花期	黄酮类主要富集于叶片; 茎、叶、花、果实中均含有活性成分, 但含量比例不同		幼嫩时期采收, 口感更佳	34

演变特征。确定鲜药的采收期,既要参考活性成分的自然积累规律,也可合理借助环境胁迫这一诱导手段,完成活性成分的精准优化。

2.2 采收后活性成分的衰减与转化

采收是鲜药生命活动的中断,由生理活跃状态

向衰老、降解的转变。这一过程,鲜药失去与母体的连接,自身稳态调节机制被打破,在水分缺失、酶促反应、温度等因素共同驱动下发生活性成分的结构修饰、形态转变及组分比例重塑。因此,理解这些变化过程是科学保存和合理使用鲜药的关键(图3)。

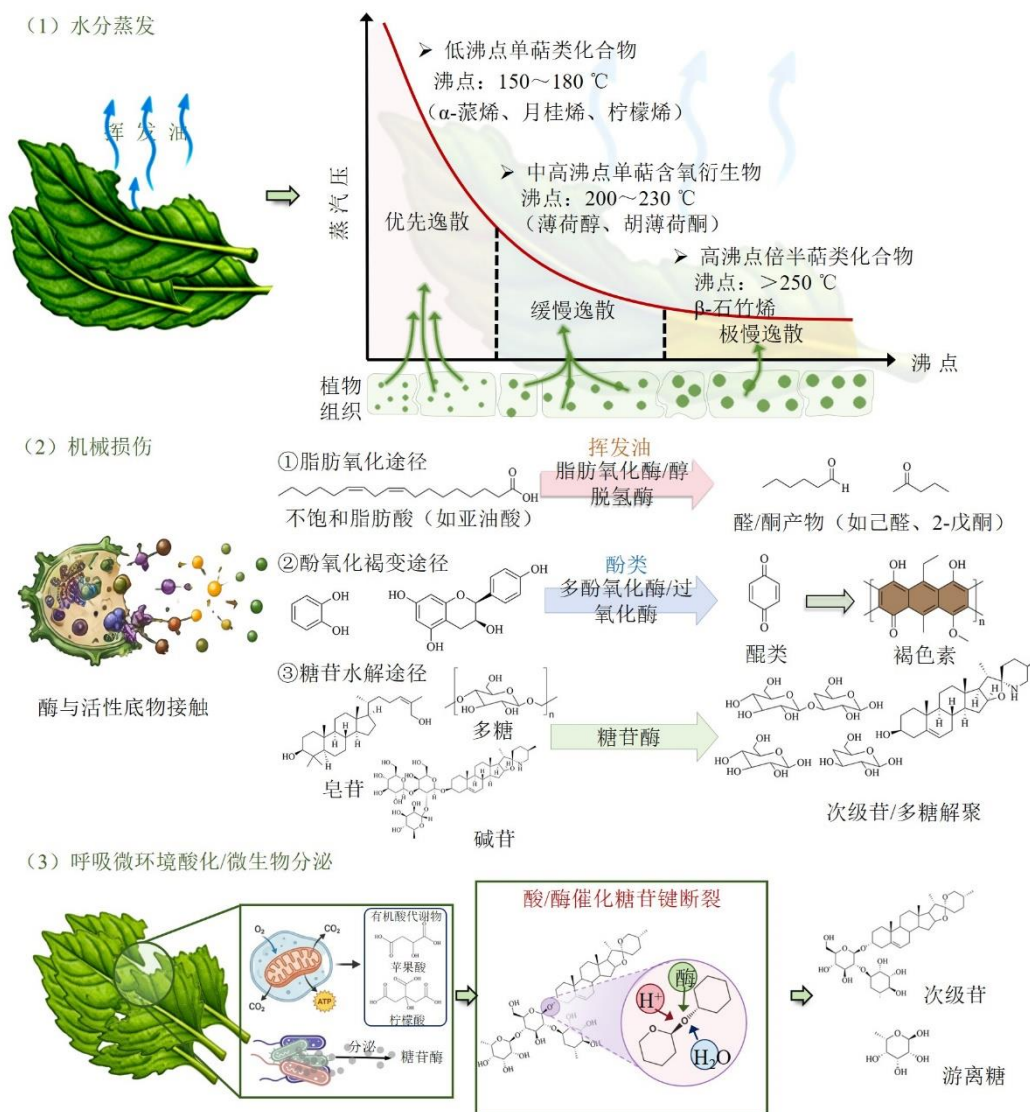


图3 影响采收后鲜药活性成分变化的关键因素

Fig. 3 Key factors affecting changes of active ingredients in fresh herbs after harvest

2.2.1 挥发油与萜类的物理逸散与化学转化 挥发油的化学组成以萜类、芳香族化合物及其含氧衍生物(醇、酮、酯等)为主,分子间作用力弱、蒸汽压高,整体化学稳定性较差。采收后,随着鲜药中水分的持续蒸发,导致所含的挥发油蒸汽压差变大,驱动其从植物组织中发生热力学逸散。该过程的速率与环境温度、空气湿度及挥发油组分自身的理化性质(相对分子质量、挥发性、沸点)直接相关。根据 Clausius-Clapeyron 方程所描述的气液平衡

规律,沸点越低的组分,其蒸汽压越高,在相同条件下逸散速率越快。因此,挥发油在采后的变化过程中会呈现分级逸散的特征:以 α -蒎烯、月桂烯、柠檬烯为代表的低沸点单萜类化合物(沸点 150~180 °C)蒸汽压高、挥发性强,最先随水分蒸发大量散失;而以薄荷醇、胡薄荷酮为代表的中高沸点单萜含氧衍生物(沸点 200~230 °C),及 β -石竹烯等高沸点倍半萜类成分(沸点>250 °C),因相对分子质量更大、蒸汽压更低,逸散速率显著减缓,在

干品中呈现出相对富集的趋势。这一现象在薄荷、紫苏、藿香等富含挥发油的鲜药中普遍存在,其本质是鲜药采收后伴随水分散失,环境条件(温度、湿度)对不同理化性质的挥发油组分进行的选择性保留,最终造成干品挥发油组成与鲜品相比发生含量上的显著下降^[32,35-36]。

需要特别强调的是,采收后挥发油的损失不仅仅是简单的分级逸散。采收导致的机械损伤,会激活并释放植物内源性酶系,如脂肪氧化酶、乙醇脱氢酶(alcohol dehydrogenase, ADH)等。这些酶在氧气存在的条件下,易于氧化挥发油中的醇类成分,生成相应的醛类或酮类物质^[37]。以广藿香为例,采收后其体内的 ADH 被激活,催化核心成分广藿香醇向广藿香酮转化,这一酶促反应是干品中广藿香酮相对占比升高的重要原因,而非单纯的物理浓缩^[36]。除酶促反应外,挥发油中不饱和萜烯的自动氧化同样也是鲜药采收后化学成分降解转化的关键过程。在氧气与光照条件下,含不饱和双键的萜烯类成分易发生氧化反应,生成过氧化物,并进一步分解为环氧化物、醛类等次级产物。石竹烯在由鲜广藿香到干广藿香的过程中相对含量下降 0.08%,这一过程并非单纯的物理逸散,而是其分子中的不饱和双键被氧化,生成石竹烯氧化物,导致干品中该氧化物的相对含量同步升高 0.11%^[36]。这一结果表明,采后鲜药中的挥发油不仅存在物理逸出,还存在以醇类、不饱和萜烯为底物的氧化反应。

2.2.2 酚类成分的氧化聚合与结构重塑 采收过程造成的机械损伤会破坏植物细胞的区室化结构,使原本定位于细胞质中的多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)和过氧化物酶被大量释放;同时,贮藏于液泡内的酚类物质作为上述酶的特异性底物,也因膜结构破损而与其充分接触,发生氧化聚合反应。PPO 催化多酚氧化生成醌类物质,这些醌类物质极不稳定,会迅速发生非酶促聚合反应,形成大分子聚合物褐色素,导致活性成分损失。这种变化在富含酚类的鲜药中(川贝母、菊花、丹参、大黄、金银花等)普遍发生^[38-41]。如周燕等^[41]研究发现金银花采后发生“色渐深”的性状变化,本质与其所含酚类成分(绿原酸)被 PPO 催化为邻醌类中间体,进一步发生非酶促聚合生成褐色素有关,同时伴随绿原酸含量显著下降。

2.2.3 生物碱的降解与转化 生物碱是指含有氮元素的天然有机碱性化合物,主要以 3 种形式存在

于植物体内:(1)游离碱形式,即不与任何物质结合的生物碱,这类形式通常具有最高的生物活性;(2)与有机酸结合的盐类形式,包括与苹果酸、柠檬酸、酒石酸等有机酸形成的生物碱盐,这类形式的溶解度相对较高,也便于在植物细胞中运输;(3)与糖类物质结合而成的碱苷,即生物碱通过与单糖或寡糖形成苷键而存在,这类形式相对稳定,便于长期贮存。这 3 种存在形式在植物体内处于一种动态平衡状态,一旦采收离体,这种动态平衡随之瓦解。细胞结构的破损使得液泡内的各类酶与生物碱底物相接触,环境温度、湿度、光照、氧气等外界条件的变化对不同形式的生物碱产生深刻影响。因此采收后生物碱的变化遵循特定的动态规律,与其在植物体内的原有形式密切相关。

首先,以游离碱形式存在于植物体内的生物碱,结构相对活泼,但同时也对光热敏感。以鲜石斛为例,石斛碱等游离生物碱在鲜品中含量稳定,一旦经采收处理后易受热降解,较鲜品中含量下降达 20%以上^[4]。此外,鲜延胡索中的延胡索乙素及鲜益母草中的益母草碱等游离生物碱,亦因受热与氧化作用出现显著含量下降,是鲜药采收后受热过程中游离型生物碱损失的共性规律^[42-43]。其次,以盐类形式存在于植物体内的生物碱,因成盐后离子键稳定、分子刚性增强,整体结构稳定性显著高于游离碱。但采后机械损伤、汁液流失导致 pH 偏移、离子强度等变化,易促使生物碱在盐型与游离碱型之间相互转化,并伴随构象重排。如鲜益母草中的水苏碱,因具备季铵盐结构相对稳定,不易受热分解。然而采收后破坏细胞,导致其随汁液流失^[43]。最后,以碱苷形式存在的生物碱在采后极易被糖苷酶催化水解,这是导致碱苷含量在采后初期可能迅速下降的主要原因。

2.2.4 皂苷的水解与结构重塑 皂苷在鲜药中主要以原生苷形式积累,其寡糖链通过糖苷键与三萜或甾体苷元共价结合。在活体植株中,皂苷及其水解酶系因液泡区室化和细胞膜屏障而彼此隔离,维持着动态的化学稳态。一旦采收离体,采后生理进程即刻启动,细胞区室化结构随膜系统完整性下降而逐步崩溃,皂苷糖苷键遂在内源糖苷酶、组织微酸化及表面自然微生物的协同驱动下发生水解,引发脱糖转化与次级苷生成。

机械损伤是触发鲜药皂苷酶促水解的首要因素。鲜人参、鲜三七等根类鲜药在分切、挤压或碰伤

后,细胞内源 β -葡萄糖苷酶、木糖苷酶等迅速与底物接触,选择性催化糖链的逐级水解,促使如人参皂苷Rb₁等原生苷向次级苷方向转化。采后品质跟踪研究表明,鲜人参在离体后若未及时处理,原生苷(人参皂苷Rg₁、Rc、Rf、Rb₁)含量下降而次级苷(人参皂苷Rg₃、Rg₅等)比例上升,提示离体组织内部仍潜存活跃的酶促转化生理基础^[44]。同时,鲜药离体后维持着活跃的有氧呼吸,苹果酸、柠檬酸等代谢有机酸在胞内逐渐累积,加之磷酸盐、有机酸钾盐等缓冲物质在采后逐步耗散,组织微环境趋向酸化,进而对糖苷键产生温和的酸催化断裂作用,推动皂苷脱去糖基,进而导致原生苷含量的下降^[45]。

随着采收后时间延长,鲜药表面附着的田间杂菌与采后霉菌在切口或破损处定植并分泌胞外糖苷酶,将糖苷类底物转化为相应苷元^[46]。如盾叶薯蓣根茎表面存在曲霉属和交链孢属微生物,其分泌的薯蓣皂苷水解酶,将薯蓣皂苷水解为薯蓣皂苷元^[47]。然而,这种微生物的代谢活动对皂苷的影响并非简单的单向降解。张诗雯等^[45]采用超高效液相色谱法分析不同霉变程度鲜参中7种人参皂苷的含量变化,结果表明随着霉变程度加深,皂苷总含量不降反升,但同时样品伴随酸腐、软化及异味等显著感官劣变。提示自然微生物区系分泌的胞外酶系可能通过复杂的生物转化重塑了皂苷组成,而非仅将其彻底水解为苷元。同样也警示鲜药在常温高湿环境中久置后,即便皂苷总含量呈升高趋势,但伴随的霉斑、溃烂及酸败仍表明着鲜药已发生不可逆的品质劣变与安全性风险。

2.2.5 多糖的解聚与结构重塑 多糖是维持鲜药细胞结构、能量储备及质构特征的大分子碳水化合物。与皂苷水解后仍可保留稳定苷元母核不同,鲜药多糖的变化本质是高分子糖链在糖苷酶作用下的解体。糖苷键一旦发生断裂,长链骨架即永久性减短,相对分子质量下降,并伴随黏度降低与持水性丧失,且该过程在离体条件下通常不可逆。

鲜药组织中多糖的酶促降解强度与组织破损程度直接相关。以富含果聚糖的鲜山露菜根为例,匀浆后内源酶可在3 h内启动对多糖的剧烈水解,使得多糖含量相对下降了26%,这一结果直观展示了细胞结构完全破坏后的内源性酶潜能^[48]。植物组织中果聚糖及细胞壁多糖在组织破损后的酶促解聚机制,与鲜切果蔬中观察到的质构劣变规律具有共同的生理学基础。多糖解聚的直观后果是鲜药质

构与感官属性的劣变。长链多糖经酶解或酸解先断裂为较短的多糖片段,继而生成低相对分子质量多糖与寡糖,在充分水解后产生单糖。在此过程中,鲜石斛、鲜山药等富含黏液质多糖胶体体系崩解、浆汁变稀;鲜百合鳞茎在贮藏后期硬度骤降、切面发黏甚至化水,其本质均为细胞壁多糖与贮藏多糖的链断裂导致持水性与凝胶性丧失。这些质构变化是鲜药多糖降解最直接的外在标志,亦是评价鲜药货架期的重要指标。除内源酶外,离体鲜药组织的呼吸代谢同样驱动多糖糖苷键的缓慢水解。采后有氧呼吸及局部无氧代谢产生的有机酸在胞内累积,在缓冲体系耗散后形成微酸环境,对多糖产生温和的酸催化断裂作用。此过程在完整鲜药组织中进展相对缓慢,但在长期堆积、通风不畅的条件下,呼吸产酸与酶解形成协同,加速多糖相对分子质量的递减。

随着贮藏时间推移,鲜药表面自然菌群成为多糖后期降解的重要外力。霉菌与细菌侵入组织破损处后,持续分泌果胶酶、纤维素酶等胞外多糖降解酶,直接攻击细胞壁骨架。鲜山药、鲜百合等鲜药切面在常温高湿环境中的迅速软化与溃烂,正是表面微生物分泌的糖苷水解酶降解细胞壁多糖、导致细胞结构崩解的结果。与内源酶的单次释放不同,微生物可在鲜药表面持续增殖并分泌酶系,其降解作用往往更为彻底,常将多糖完全分解为可供菌体利用的单糖或寡糖。植物来源的多糖因其单糖组成、糖苷键类型、支链化程度及相对分子质量分布的差异,对内源酶、酸及微生物降解的敏感性各不相同,这决定了不同鲜药品种多糖降解的速率与产物谱存在显著差异。鉴于多糖糖苷键断裂后在离体条件下无法重新聚合,鲜药多糖的总体含量与相对分子质量在采后呈单向下下降趋势;为保持鲜药特有的黏液质口感与高分子多糖的潜在活性,采收后迅速抑制内源酶活性、减少机械损伤与微生物侵染,是阻断解聚进程的关键。

2.3 小结

基于上述鲜药活性成分的动态演变不难发现,鲜药采后品质劣变并非单一因素所致,而是不同类型活性成分在水分散失、细胞结构破坏及微生物侵染所致酶促反应等多重因素下发生的差异性变化结果。因此,鲜药保鲜与加工不宜采用一法通用的处理模式,而应建立以保留优势活性成分为核心的分类调控思路,即首先明确不同鲜药发挥药效的关键物质基础及其采后最易损失的环节,再针对性设

计加工与贮藏策略。如薄荷等芳香类鲜药的药效主要依赖挥发油，其采后品质保持的重点应在于减少挥发性成分散失和氧化降解。而人参等以皂苷类成分为主要活性物质的鲜药，则更应关注内源酶对皂苷结构的水解或转化作用。由此可见，鲜药加工与贮藏策略的制定应从经验型保鲜逐步转向成分导向型精准调控，根据不同鲜药活性成分的理化性质、代谢转化特点及劣变敏感因素，构建差异化、精准化的采后处理体系。这一思路不仅有助于最大

限度保留鲜药原有药效物质，也为后续制定科学的加工与贮藏策略提供了理论依据和实践方向。

3 基于鲜药活性成分动态演变规律下的加工与贮藏策略

3.1 鲜药活性成分的加工策略

3.1.1 鲜药加工方式 鲜药加工的核心目标在于迅速终止离体生理代谢、钝化内源酶活性、减少活性成分损耗，并可依据药性调控需求实现成分适度转化，整体分为传统加工与现代加工 2 类方式（表 4）^[6]。

表 4 鲜药加工与贮藏策略
Table 4 Processing and storage strategies for fresh herbs

类别	加工/贮藏方法	应用特点	适用鲜药
传统加工	发汗法	快速终止酶活，减少黄酮、酚类氧化，保留特征香气成分	牡丹皮、厚朴、杜仲、黄柏
	低温阴干法	低温抑酶，减少挥发油、热敏性成分破坏，保留芳香与色泽	红花、金银花、玫瑰花
	硫熏法	抑菌防霉，延缓淀粉、皂苷类成分变质，但易致残留	白芷、百合、白芍、山药、天麻
	水飞炮制法	减少杂质干扰，提高水溶性色素类成分含量	青黛
	自然汁法	不经高温，完整保留水溶性、热敏性苷类与有机酸成分	生姜、鲜地黄
	蒸晒法	促进成分温和转化，降低刺激性，提升补益类成分利用率	黄精、何首乌
	浸法	促进脂溶性、挥发性成分溶出，提高外用与驱风类成分释放	龙鳞草、丁公藤、火山荔
现代加工	高压蒸制法	短时高温快速灭酶，避免苷类、多糖类长时间受热降解	肉苁蓉、何首乌
	变温热风干燥法	分段控温，兼顾干燥效率与成分保留，减少挥发油、皂苷损失	禹白芷、柴胡、党参
	喷雾干燥法	瞬时干燥，最大程度保留芳香性、挥发性成分	芳香解表类鲜药、鲜药汁
	微波加热干燥法	快速均匀加热，瞬时钝化酶活，减少酚酸、挥发油氧化损失	金银花、丹参、当归、黄芪
	热泵干燥法	低温低氧干燥，保护热敏性、湿敏性成分，复水性好	山药、金银花
	远红外辐射干燥法	内部均匀加热，缩短干燥时间，提高皂苷、酚酸类成分保留率	何首乌、知母、板蓝根
	真空冷冻干燥法	低温无氧化，最大限度保留挥发油、皂苷、多糖等天然成分	天麻、菊花、枸杞、黄芪
传统贮藏	自然贮藏法	阴凉通风，延缓呼吸消耗，减少水溶性成分流失	泽泻、葛根
	砂藏/砂植法	保湿抑酶，延缓多糖、苷类降解，维持鲜态成分	生姜、地黄、首乌、石斛
	冰箱贮藏法	低温抑酶、抑氧，减少挥发油、热敏性成分氧化损失	鱼腥草、薄荷
	移栽法	保持植株活性，从源头防止成分酶解与氧化	薄荷、藿香、天门冬、沙参
现代贮藏	气调贮藏	调节气体比例，抑制呼吸与酶活，延缓挥发油、酚酸降解	鱼腥草
	真空密封冷藏	隔绝氧气与微生物，减少热敏、易氧化成分损失	多数全草类、根茎类鲜药
	辐照贮藏	灭菌杀虫、钝化酶活，减少淀粉、生物碱类成分霉变损耗	川贝母等淀粉类鲜药
	临界低温高湿贮藏	低温抑酶、高湿保水，减少多汁类药材水溶性成分流失	多汁、易萎蔫类鲜药
	生物涂膜保鲜	隔氧抑酶、保水抑菌，减少酚类、黄酮类氧化褐变	各类鲜药表面保鲜
	冷冻贮藏	超低温彻底抑酶抑菌，长期稳定挥发油、热敏性苷类成分	芳香类、热敏性鲜药

3.1.2 不同成分的加工方式 鲜药中各类活性成分理化性质差异显著，加工方式必须与成分稳定性高度匹配，方能实现精准保效。挥发性成分以薄荷、藿香、鱼腥草等所含挥发油为代表，沸点低、易逸散、易氧化，宜选用微波干燥、喷雾干燥、真空冷冻干燥及低温变温热风干燥，避免长时间高温烘干、日光暴晒与露空放置，通过快速灭酶、低温短时、密闭操作保留辛香气味与解表化湿功效。热敏性成分如鲜地黄中梓醇、金银花中绿原酸、石斛中

石斛碱等受热极易分解破坏，适合采用真空冷冻干燥、远红外干燥、低温阴干及高压短时蒸制，全程控温以减少酶促与热降解，稳定清热凉血、生津、抗病毒等活性。皂苷类成分易受内源糖苷酶及酸解作用发生脱糖转化，可采用微波灭酶、真空冷冻干燥、热泵干燥及趁鲜切制后快速干燥，减少机械损伤、长期堆放与微生物污染，快速钝化酶活以稳定原生皂苷比例，保障补益、活血疗效。多糖与黏液质类成分为大分子物质，易因酶或脱水导致结构改

变与活性丧失,多见于石斛、山药、百合、黄精等药材,宜采用真空冷冻干燥、热泵干燥、低温阴干及蒸制后温和干燥,避免高温脱水与过度干燥,维持胶体结构与持水性,保留养阴生津、润燥功效。酚酸与黄酮类成分易发生酶促氧化褐变与聚合失活,可选用微波干燥、远红外干燥、真空干燥及短时高温灭酶,快速钝化多酚氧化酶与过氧化物酶,配合避光、隔氧、快速干燥,防止褐变与成分下降,维持抗氧化、活血化瘀效果。

3.2 鲜药活性成分的贮藏策略

3.2.1 贮藏方式 贮藏是延续加工效果、长效稳定鲜药活性成分的核心环节,其关键作用在于抑制呼吸代谢、钝化内源酶活、抑菌防霉、减少氧化与水分散失。依据技术特点可分为传统贮藏与现代贮藏2类方式,并针对不同成分特性匹配适宜方案,延缓成分劣变进程^[49](表4)。

3.2.2 不同成分的贮藏方式 贮藏方式的选择不以药材类别为依据,而以活性成分稳定性为核心,这是鲜药“因鲜而效”能够长期保持的关键。不同类型成分对环境敏感度差异显著,因此需实施精准匹配贮藏。

挥发性成分易氧化、易逸散,适宜气调贮藏、真空密封、低温避光及冷冻贮藏,在低氧、低温、密闭环境下减少挥发与氧化。热敏性成分受热、光照易降解,应采用低温冷藏、真空冷冻及临界低温高湿贮藏,全程低温避光隔氧,抑制酶活与热降解反应。皂苷与生物碱类成分易酶解、转化且易随汁液流失,可采用控温贮藏、真空密封、辐照灭菌及涂膜保鲜,抑菌抑酶、减少机械损伤,稳定成分结构。多糖与黏液质类成分易酶解、干缩及微生物降解,适合低温高湿贮藏、真空包装及砂藏砂植,保水控温抑菌,维持大分子多糖的胶体特性。酚酸与黄酮类成分易酶促褐变、氧化聚合,适宜真空密封、气调贮藏、低温避光及涂膜保鲜,通过抑酶、隔氧、避光控湿防止褐变与含量下降,最大程度保留药材活性。

4 基于鲜药活性成分动态演变的研究展望

4.1 深化鲜药采后活性成分动态演变机制研究

鲜药采收后并非立即失去生理活性,其内部仍持续发生呼吸代谢、酶促反应、水分迁移及氧化褐变等过程,进而引起有效成分含量和组成的动态变化。不同种类鲜药在采后过程中的成分变化规律并不一致,但目前相关研究多集中于加工前后成分含量的静态比较,对于成分如何变化、为何变化及变

化与药效之间关系等问题尚缺乏系统认识。因此,未来应加强鲜药采后生理生化过程、关键酶系、代谢通路及环境因子作用机制的研究,结合代谢组学、蛋白组学及分子生物学等手段,阐明不同鲜药在采后不同阶段的成分转化规律及其与药效变化之间的内在联系,为鲜药最佳采收期、加工时机及贮藏方式的确定提供理论依据。

4.2 构建与鲜药特性相适配的精准加工与贮藏体系

我国中药资源丰富,研究发现《中华本草》中可鲜用中药4284种。而不同药材在组织结构、含水量、主要活性成分类别及稳定性方面存在显著差异,因此对加工与贮藏条件的适应性也不同。现阶段鲜药加工与保鲜技术虽然已较为丰富,但多数研究仍以单一技术验证为主,缺乏基于药材特性和成分属性的系统化、精准化方案。未来应根据不同鲜药的药用部位、成分特点及采后变化规律,建立“品种-成分-工艺”相匹配的加工与贮藏模式。对于挥发油类、热敏性或易氧化成分较多的鲜药,应重点优化低温、限氧及快速干燥条件;对于代谢活跃、易腐败变质的鲜药,应强化预处理、低温保鲜和环境调控;对于以鲜用为主的药材,则应进一步探索短时保鲜、快速流通和终端即用模式。在此基础上,还可推动多种技术联合应用,如低温与气调联用、真空与冷冻干燥结合、预处理与分段干燥协同等,以提高鲜药活性成分保留率和品质稳定性。

4.3 完善鲜药质量评价与标准化体系

鲜药因含水量高、代谢活跃、品质波动快,在采收、加工、运输和贮藏过程中的质量控制远比干品复杂。然而,当前中药质量评价体系仍以干品为主导,鲜药质量控制标准相对薄弱。这一问题的严峻性在《中国药典》2010~2025年版中同样也能体现:全书一部收载的鲜药仅7种,且仅有生姜和鲜牡荆叶具有单独的质量标准。其余5种鲜药(益母草、鱼腥草、地黄、芦根、石斛)均与干品执行相同标准。这种标准缺失的现状,使得鲜药质量评价若仅依靠少数指标性成分含量,将难以全面反映其真实品质,更无法体现其应有的临床应用价值。因此,未来有必要建立符合鲜药特点的多维度质量评价体系,将性状特征、含水量、色泽、气味、特征成分、指纹图谱及药效相关指标有机结合,形成更加全面、动态的评价模式。

随着现代分析技术和信息化技术的快速发展,鲜药加工与贮藏研究正逐步由经验型调控向智能

化、精细化方向转变。由于鲜药品质变化受环境因素影响显著,传统人工经验已难以满足其快速、准确和动态调控的需求。未来可进一步引入近红外光谱、电子鼻、电子舌、色差分析、热成像等无损检测技术,实现鲜药品质变化的快速识别与动态评估;同时,结合温湿度、氧气和二氧化碳浓度等传感技术,建立鲜药贮藏环境的实时监测与智能调控系统,从而提高贮藏条件的可控性和工艺稳定性。此外,还可将自动化控制技术应用干鲜药分级、干燥、包装和运输等环节,逐步实现鲜药加工与保鲜过程的数字化、智能化和标准化。

4.4 加强鲜药药效评价、临床验证及产业转化研究

开展鲜药研究并不是为了追求“鲜”的用药特点,而是为了追求中药在鲜态下对活性成分的保留和药效的作用机制。当前研究多从成分含量、外观品质和贮藏稳定性等方面评价鲜药,而对于不同加工和贮藏方式是否会影响其临床疗效及安全性,仍缺乏足够的实证支持。因此,未来应加强鲜药与干品、不同加工方式鲜药之间的药效学 and 安全性比较研究,明确鲜药优势形成的物质基础和作用机制。同时,还应推动鲜药临床应用的实例。围绕传统鲜药药材及特色产地药材开展更为规范的临床观察与评价研究。在此基础上,可进一步拓展鲜药制剂及相关功能产品的开发,促进鲜药资源优势向产品优势和产业优势转化。

5 结语

鲜药属于中药资源体系里的重要组成部分,既有传统中医药的用药特色,也具备可挖掘的现代开发潜力。采后进行的加工炮制与贮藏方式,会直接影响药材品质和药效作用,与中药资源高值化利用效率、临床应用水平直接相关。现阶段,《“十四五”中医药发展规划》持续推进,《中医药标准体系表(2025年版)》《关于促进和规范“人工智能+医疗卫生”应用发展的实施意见》等政策文件先后发布,体现出国家对中医药传承创新、标准化建设、数字化转型与产业高质量发展的要求不断提升,为鲜药研究明确了新的发展方向。

未来,鲜药研究应紧紧围绕国家中医药发展战略需求,进一步加强鲜药采后品质变化规律、活性成分动态演变及其与药效关系的基础研究;围绕道地药材高质量开发,构建适应不同药材特性的精准加工与产地初加工体系;顺应中药标准化和全过程质量监管要求,完善鲜药质量评价、储运规范与追溯

体系;同时积极融合人工智能、大数据、低温保鲜、绿色加工等现代技术,推动鲜药保鲜加工向智能化、绿色化和集成化方向发展。只有在政策引导、科技支撑与产业协同的共同作用下,鲜药才能真正由传统经验资源转化为符合现代中医药发展要求的高质量药用资源,为中医药传承创新发展、健康中国建设和中药产业转型升级提供更加坚实的支撑。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 王梦溪,吴启南,乐巍,等. 中药鲜药的应用与现代研究 [J]. 中草药, 2015, 46(20): 3125-3130.
- [2] 李彩霞,苗晋鑫,余喻先,等. 鲜药的功效特点及干燥对鲜药物质基础的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(11): 6652-6656.
- [3] 李艳,郭晖,苗明三. 中药鲜药的药理作用及临床应用分析 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(12): 5691-5695.
- [4] 郑依玲,陈小露,梅全喜,等. 中药鲜药的化学成分和药理作用研究概况 [J]. 中药材, 2017, 40(10): 2483-2487.
- [5] 陈斌,贾晓斌. 鲜药物质基础的研究进展与研究策略 [J]. 中草药, 2012, 43(3): 592-597.
- [6] 胡兆东,苗艳艳,苗明三. 中药鲜药的加工炮制技术分析 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(7): 3999-4003.
- [7] 杨树,韩暄. 鲜药的历史沿革及研究进展 [J]. 光明中医, 2024, 39(22): 4631-4634.
- [8] 朱慧,李玉珍,解一舟,等. 现代鲜药制剂的研究进展与展望 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2018, 20(10): 1889-1894.
- [9] 黄艳,陈中沛,陈为民,等. 鱼腥草滴眼液联合奥洛他定滴眼液治疗过敏性结膜炎的临床观察 [J]. 中国药房, 2015, 26(23): 3261-3262.
- [10] 中国药典 [S]. 一部. 2025.
- [11] 张小磊,李秀敏,苗明三. 中药临床鲜药应用特点及鲜药理论分析 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(11): 6402-6405.
- [12] 郎林艳,王笑冉,张金英,等. 基于数据挖掘的中药鲜药现代研究与临床应用特点 [J]. 时珍国医国药, 2026, 37(5): 966-971.
- [13] 冯志毅,张威,李运法,等. 基于鲜地黄不同入药形式探究糖类和环烯醚萜苷类成分含量变化 [J]. 中华中医药学刊, 2026, 44(4): 201-207.
- [14] 贾晓斌,郑智音,黄洋,等. 基于组分结构理论的鲜药物质基础研究思路与方法 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(18): 2595-2598.
- [15] 陈越,金淼鑫,陈金香,等. 生姜和干姜质量控制现状及质量标志物的预测分析 [J/OL]. 中华中医药学刊, (2025-10-07) [2026-01-26]. <https://link.cnki.net/urlid/21.1546.r.20251016.1843.004>.
- [16] 李宁,李红伟,张玉梅,等. 不同制法和工艺对地黄中

- 油类成分影响及性效关联性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(12): 79-86.
- [17] 张雨婷. 鲜、干铁皮石斛多糖成分及抗氧化活性的差异研究 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2017.
- [18] 刘志, 阮长春, 刘天志, 等. HPLC 法同时测定林下参、鲜人参、生晒参和红参中 14 种人参皂苷 [J]. 中草药, 2012, 43(12): 2431-2434.
- [19] 梁巧文, 欧阳美子, 张照明, 等. 山楂炮制历史沿革及其现代研究进展 [J]. 中国当代医药, 2025, 32(8): 189-192.
- [20] 王兴, 谢宏赞, 罗纯清, 等. 不同生长年限与采收期玉竹活性成分累积动态变化 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(3): 30-34.
- [21] 普冰清, 朱艳, 许方云, 等. 射干不同采收期黄酮类成分的动态变化规律 [J]. 药学与临床研究, 2014, 22(3): 212-215.
- [22] 张元, 康利平, 詹志来, 等. 不同采收时间对艾叶挥发油及其挥发性主成分与毒性成分变化的影响 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2016, 18(3): 410-419.
- [23] 潘靖文. GC-MS 分析不同采收期广陈皮中挥发油成分的变化 [J]. 中国医药指南, 2011, 9(21): 258-259.
- [24] 刘天亮, 杨林林, 董诚明, 等. 金银花不同采收期指纹图谱及成分变化情况研究 [J]. 中药材, 2021, 44(10): 2358-2362.
- [25] 付小梅, 杨超, 吴志瑰, 等. 不同采收期栀子中 8 个有效成分含量动态变化与颜色的相关性研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(13): 3191-3202.
- [26] Lee J W, Choi B R, Kim Y C, *et al.* Comprehensive profiling and quantification of ginsenosides in the root, stem, leaf, and berry of *Panax ginseng* by UPLC-QTOF/MS [J]. *Molecules*, 2017, 22(12): 2147.
- [27] 付士朋, 沈宏伟, 王谦博, 等. 不同采收期赤芍中 6 种有效成分的含量测定及其变化规律研究 [J]. 中国药房, 2020, 31(4): 441-446.
- [28] Zhang W, Liu W F, Wang L Y, *et al.* Effects of water stress on secondary metabolism of *Panax ginseng* fresh roots [J]. *PLoS One*, 2024, 19(11): e0312023.
- [29] Zhang T, Chen C B, Chen Y Q, *et al.* Changes in the leaf physiological characteristics and tissue-specific distribution of ginsenosides in *Panax ginseng* during flowering stage under cold stress [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2021, 9: 637324.
- [30] Kumari R, Agrawal S B. Supplemental UV-B induced changes in leaf morphology, physiology and secondary metabolites of an Indian aromatic plant *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf under natural field conditions [J]. *Int J Environ Stud*, 2010, 67(5): 655-675.
- [31] 寸竹, 张玲, 张金燕, 等. 采收期和采收年限对三七农艺性状和皂苷的影响 [J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28(3): 645-654.
- [32] 孟宪鑫, 赵亮, 宋宁, 等. 鲜 (干) 薄荷叶、薄荷花及花苞挥发油的 GC-MS 比较分析 [J]. 中国林副特产, 2019(3): 1-3.
- [33] 王健, 甄彩云, 魏练平, 等. 铁皮石斛茎多糖、木质素积累规律及木质素单体类型鉴定 [J]. 植物科学学报, 2021, 39(3): 306-315.
- [34] 董海胜, 朱景涛, 张淑静, 等. 不同生长阶段马齿苋水分及总黄酮含量分析 [J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(3): 30-33.
- [35] 曾岩, 曹崇江, 李竹心, 等. 紫苏智能排湿干燥过程的干燥动力学及品质变化规律研究 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(16): 263-273.
- [36] 熊耀坤, 周叶婷, 柳鑫梁, 等. GC-MS 结合主成分分析比较广藿香干燥前后挥发油化学成分差异 [J]. 中医药导报, 2019, 25(3): 83-86.
- [37] 鲍文杰, 钟凌云, 伍文华, 等. 中药趁鲜切制机制: 传统智慧与现代技术融合探析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, 32(7): 282-290.
- [38] 武舒敏, 栾美琪, 白瑞斌, 等. 中药材褐变及其防控机制研究进展 [J]. 中国现代中药, 2025, 27(8): 1603-1608.
- [39] 张泽锦. 川贝母鳞茎褐变的生理因子变化及其褐变抑制 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [40] 朱玉芸. 酶促褐变对菊花品质的影响研究 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2018.
- [41] 周燕, 单云岗. 金银花的外观色泽变化对其绿原酸含量的影响 [J]. 中华中医药学刊, 2011, 29(5): 1156-1157.
- [42] 杨勤, 谷文超, 祁俊生, 等. 鲜、干延胡索药材中生物碱和核苷类成分的含量差异 [J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(12): 8-14.
- [43] 王梦溪, 吴启南, 何溶溶, 等. 5 种干燥方法对益母草质量的影响 [J]. 中成药, 2017, 39(5): 1006-1011.
- [44] 郭畅冰, 李健豪, 王国明, 等. 不同加工方式对人参主要化学成分及其抗氧化活性的影响 [J]. 化学研究与应用, 2025, 37(11): 3457-3465.
- [45] 张诗雯, 张凡, 高慧, 等. UPLC 法分析人参在储存不当情况下对皂苷类成分的影响 [J]. 亚太传统医药, 2019, 15(11): 57-61.
- [46] 吴德超, 赵正权, 李运芝, 等. 黑曲霉转化中药化学成分研究进展 [J]. 中国药学杂志, 2022, 57(14): 1153-1160.
- [47] 赵玉婷, 徐增莱, 戴传超, 等. 薯蓣皂苷水解酶的发酵及粗酶的性质研究 [J]. 食品科学, 2007, 28(8): 269-272.
- [48] 杨辉, 王鸿, 邓泽元, 等. 山落菜根酶活性的初步研究 [J]. 中国野生植物资源, 2010, 29(6): 44-47.
- [49] 曹冠华, 邢瀚文, 李泽东, 等. 中药鲜药保鲜技术研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(2): 426-429.

[责任编辑 赵慧亮]