

三七“辨状论质”及其品质成因研究进展

韦春冕¹, 赵艳丽¹, 李丹丹¹, 谢 准¹, 张保得¹, 余红娅¹, 邱 勇^{1*}, 徐福荣^{1,2*}

1. 云南中医药大学 云南省南药可持续利用重点实验室, 云南 昆明 650500

2. 云南省傣医药与彝医药重点实验室, 云南 昆明 650500

摘 要: 三七 *Panax notoginseng* 是传统的活血化瘀药, 疗效俱佳, 应用广泛。但传统的三七品质评价方式存在一定局限性, 而“辨状论质”是历代医药学家实践经验的成果与智慧结晶, 在三七质量评价中具有重要的指导作用。通过查阅本草书籍和相关文献资料, 对三七“辨状论质”理论的历史沿革、三七状-质相关性分析的现代研究及其品质成因进行综述, 并对三七“辨状论质”的未来应用进行展望, 建议后续应充分利用生物药效评价等技术, 加强三七整体性状和化学成分的相关分析, 建立三七“性状-成分-药效”相关联的新模式和“性状-质量标志物-生物效应”的模式, 为建立科学的三七质量评价方法提供参考。

关键词: 三七; 辨状论质; 历史沿革; “状-质”关联; 品质评价; 品质成因; 三七皂苷; 人参皂苷; 三七素

中图分类号: R283 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)17-6026-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.17.029

Research progress on “quality evaluation through morphological identification” and cause of quality formation in *Panax notoginseng*

WEI Chunmian¹, ZHAO Yanli¹, LI Dandan¹, XIE Zhun¹, ZHANG Baode¹, YU Hongya¹, QIU Yong¹, XU Furong^{1,2}

1. Yunnan University of Chinese Medicine, Yunnan Key Laboratory of Southern Medicine Sustainable Utilization, Kunming 650500, China

2. Yunnan Key Laboratory of Dai and Yi Medicines, Kunming 650500, China

Abstract: Sanqi (*Panax notoginseng*) is a traditional blood-activating and blood stasis-removing drug with excellent curative effects and wide application. However, the traditional quality evaluation methods of *Panax notoginseng* have certain limitations. The “quality evaluation through morphological identification” is the achievement and wisdom crystal from the practical experience of ancient pharmaceutical scientists, which has an important guiding role in the quality evaluation of *P. notoginseng*. By consulting herbal books and relevant literature, this review mainly summarizes the historical evolution of the theory of “quality evaluation through morphological identification” of *Panax notoginseng*, modern research on the correlation analysis of the appearance and quality of *P. notoginseng* and the causes of quality formation, and the future application of “quality evaluation through morphological identification” of *P. notoginseng* has prospected. It is recommended that subsequent studies should make full use of biological efficacy evaluation, and other technologies, strengthen the correlation analysis of the overall characteristics and chemical components of *P. notoginseng*, establish a new model of “character-ingredient-pharmaceutical effect” correlation and a model of “character-quality marker-biological effect” of *P. notoginseng*, and provide a reference for establishing a scientific method of quality evaluation of *P. notoginseng*.

Key words: *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen; quality evaluation through morphological identification; historical evolution; shape-quality association; quality evaluation; cause of quality formation; notoginsenoside; ginsenoside; dencichin

三七为五加科人参属三七 *Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen 的干燥根及根茎, 富含皂苷、黄酮、多糖等成分, 具有散瘀止血、消肿定痛等功效^[1]。临床常用于治疗跌打损伤、出血症及心脑血管疾病

收稿日期: 2024-03-06

基金项目: 云南省科技厅科技专项 (202304BI090004); 云南省科技人才和平台计划 (202105AG070012XS23071)

作者简介: 韦春冕, 硕士研究生, 研究方向为中药资源与开发。E-mail: 18376805159@163.com

*通信作者: 邱 勇, 教授, 从事中医药学研究。E-mail: 2225851674@qq.com

徐福荣, 研究员, 博士生导师, 从事中药资源与开发研究。E-mail: xfrong99@163.com

等^[2-3]。近年来由于三七主产区从云南文山逐步向昆明、红河、曲靖等地转移,受到生长环境及栽培技术的影响,使三七品质评价遭遇严峻挑战^[4]。三七品质评价是保证其临床疗效与产业化的核心,但如何制定系统全面的三七质量评价体系未见阐明。三七质量评价模式多以主观评价为主。传统经验以三七“铜皮铁骨菊花心”为鉴别要点,以品质特征“乳包、钉头、铜皮、铁骨、菊花心”兼具者为优,缺乏智能化、数字化的客观评价标准;现代客观评价方式多借助色谱、光谱、色谱-质谱联用技术分析其所含化学成分或成分群含量,需达到《中国药典》2020 年版规定的皂苷类成分(三七皂苷 R_1 +人参皂苷 R_{g1} +人参皂苷 R_{b1})质量分数 $>5.0\%$ 的要求,但因三七发挥疗效是多成分共同作用的结果,此评价标准过于片面。2016 年刘昌孝院士^[5]提出以“中药有效性-物质基础-质量控制标志性成分”为核心的质量标志物(quality marker, Q-Marker)理论,已用于探究三七发挥药理作用的 Q-Marker 预测分析^[6]。同时,基于三七亲缘关系、化学成分特有性、可测性等的 Q-Marker 预测发现人参皂苷 R_e 、人参皂苷 R_{b2} 、三七素等也可考虑作为三七质量评价的指标,体现了 Q-Marker 评价方式具有较强的专属性和独特性^[7]。但由于传统经验与现代评价方式毫无关联,且均存在局限性,导致未能建立一种全面性、专属性、针对性强的三七品质评价方式。近年来,谢宗万先生提出的“辨状论质”理论强调中药性状与整体质量之间的联系,已广泛用于划分中药材商品等级与质量评价^[8-9],充分体现了传统性状鉴别与现代质量标准结合的必要性。此前已有研究者基于“辨状论质”理论对三七质量评价进行关联研究^[10-12],但目前关于三七的“辨状论质”理论及针对三七不同部位和商品规格、生长年限和采收期、现代产地加工干燥方式和现代炮制方式对其外观性状及化学成分的影响研究,缺乏系统的梳理与总结。因此,本文通过总结三七“辨状论质”的历史沿革、现代品质评价及其品质成因,为进一步完善三七药材品质评价方法提供参考。

1 三七“辨状论质”的历史沿革

辨状论质是数千年中医药鉴别实践经验的发展成果和智慧结晶,以药材的外观性状为基础,探究外观性状特征与活性成分的联系规律,进而判断其品质优劣。本文按照朝代先后逐步整理有关三七品质评价的内容,发现历代古籍常通过三七外观性状

“形、色、气、味”对其进行品质评价,其中部分典籍记载了三七产地,并基于形、色、气、味等外观性状特征,划分三七真伪优劣。《中国药典》1963、1977 年版均记载了三七品质“优/劣”的性状特征,但其余版本《中国药典》却未见记载,见表 1。

2 三七状-质相关性分析的现代研究

三七以根及根茎入药,其外观性状呈倒圆锥形或纺锤形、表皮呈灰黄色或灰褐色、断面呈黄绿色或灰绿色。历代书籍中记载的三七品质评价具有模糊性,未见探究三七炮制品的色泽,缺乏一定的数据支撑。随着近年来电子感官技术的发展,实现了中药外观性状“形、色、气、味”的客观表达,已有研究者将三七外观性状与内在化学成分进行相关性分析,以期进一步阐明三七“辨状论质”理论的科学性(图 1)。

2.1 三七形-质相关性

传统辨状论质多依据药材的外形判断其品质优劣,如三七以个大、肥满、体重坚实为佳。丁永胜等^[42]认为三七主根中三七皂苷 R_1 含量可能与其头数有关。汪萌^[43]探究 11 个不同等级的冬七与春七,发现随着三七头数的增加,春七、冬七中人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 与三七皂苷 R_1 总量逐渐降低,且与各个单体皂苷成分含量呈显著负相关。徐娜^[44]研究发现疙瘩七的瘤状突起数量较多,其皂苷含量低于萝卜七。而 Chen 等^[45]测定三七不同组织部位的皂苷含量时,推测瘤状突起数目越多,皂苷含量越高,但瘤状突起对其品质的影响尚未明确。虞慕瑶^[46]采用 UPLC-QQQ-MS/MS 技术测定 40 头多瘤组三七(瘤状突起数目 >6 个)和少瘤组三七(瘤状突起数目 <3 个)的皂苷含量,发现多瘤组三七中人参皂苷 R_{b1} 、人参皂苷 R_f 、三七皂苷 R_1 、三七皂苷 R_2 较少瘤组三七的皂苷含量高,证实了三七皂苷含量与瘤状突起数量呈正相关。Zhang 等^[47]发现 2、3 年生具有“拔鸡腿”(顶部茎段的增厚)的三七地下部分(主根、根茎、侧根)中大部分三七皂苷的含量比“非拔鸡腿”三七高,提示三七表观性状与皂苷成分具有相关性。熊芹^[48]研究表明“拔鸡腿”和“非拔鸡腿”三七根部(主根、侧根、根状茎)中的总黄酮、总黄酮醇和总花色苷含量存在显著差异,与 *PnANS2*、*Pn4CL2/3*、*MYB-Pno08G000078* 等差异基因表达水平有关,提示三七表观性状与皂苷类、黄酮类成分具有相关性。Yang 等^[49]探究三七主根表型(椭圆形或长形)的差异,结果显示长

表 1 三七“辨状论质”的历史沿革

Table 1 Historical evolution of *P. notoginseng* “quality evaluation through morphological identification”

时期	古籍名称	品质评价	文献
明代	《本草纲目》	生广西南丹诸州番峒深山中，采根暴干，黄黑色；团结者，状略似白及；长者如老干地黄，有节；味微甘而苦，颇似人参之味	13
	《本草原始》	生广西南丹诸州番峒深山中，采根暴干，黄黑色，如老干地黄，有节；彼人言其叶左三右四，故名三七，盖恐不然；原名山漆，谓其合金疮，如漆粘物也	14
清代	《本草备要》	从广西山洞中来者，略似白及、地黄、有节、味微甘	15
	《本经逢源》	形如人参者是，有节者非	16
	《炮制全书》（4 卷）	状略似白及，长者如干老地黄，有节，色黄黑	17
	《本草从新》	一名山漆；从广西山洞来者，略似白及，长者如老干地黄，有节，味微甘，颇似人参	18
	《本草便读》	近时人家所种者，其类甚多，而皆不及广产者良；广产者，苦多甘少，其形如参	19
	《本草易读》	团结者，略似白及；长者如老干地黄，有节，根黄黑色	20
	《本草纲目拾遗》	外皮青黄，内肉青黑色，名铜皮铁骨；此种坚重，味甘中带苦，出右江土司，最为上品	21
	《本草求原》	细考田州三七，红皮、黑心，有菊花纹者真，如人参者上，有节者次之	22
民国	《药物出产辨》	产广西田州为正道地。今日云南多种，亦可用；以蓝皮蓝肉者为佳，黄皮黄肉者略差；暑天收成者佳，冬天收成者次之	23
	《增订伪药条辨》	按田漆即山漆，一名三七，以叶左三右七，故有是名；产广西南丹诸州番峒深山中，采根暴干，黄黑色；团结者状似白及，如老干地黄，亦有如人形者，有节，味微甘而苦	24
	《药物学备考》	三七参，产云南昭通府，广西亦产；色灰褐，形如铜皮铁骨，苦多甘少	25
	《中国药典》1963 年版	以个大、皮细、质坚体重、断面棕黑色无裂隙者为佳；个小、体轻者质次	26
现代	《中国药典》1977 年版	以体重、质坚、表面光滑、断面色灰绿或黄绿色者为佳	27
	《中国药典》1990 年版	主根体重，质坚实，断面灰绿色、黄绿色或灰白色，木部微呈放射状排列；气微，味苦回甜；筋条呈圆柱形，长 2~6 cm，上端直径约 0.3 cm；中心灰白色，边缘灰色	28
	《中药材商品规格质量鉴别》	以根粗壮，颗粒大而圆，体重坚实，表面古铜色或青黑色，肉色黑褐带青，习称“铜皮铁骨”及“猴子头”“田螺笃”的形状，味苦回甘浓厚者为佳	29
	《金世元中药材传统鉴别经验》	以个大、肥满，体重坚实，断面灰棕色，无裂隙者为佳	30
	《中华本草》	以体重、质坚、表面光滑、断面色灰绿或黄绿色为佳	31
	《三七》	以个大、根部粗壮、颗粒大而圆（俗称“猴头”“狮子头”或“田螺笃”形状），表面灰褐色有光泽，肉色黑褐带绿无裂隙（俗称“铜皮铁骨”），味苦回甘浓厚的春七为佳；云南文山所产为最佳，广西所产次之	32
	《中药商品学》	乳色，钉头，铜皮铁骨，菊花心；以身干、个大、体重、质坚实、断面灰黑色（指铁骨）、无裂隙者为佳	33
	《中药品种品质与药效》	以个大皮细、质坚体重、断面灰黑色、无裂隙（俗称“铜皮铁骨”），生长有小“钉头”者为佳，个体体轻者质次	34
	《常用中药饮片炮制规范及操作规程研究》	以个大坚实，体重皮细，断面灰绿色或黄绿色者为佳	35
	《中药鉴定学》	以体重，质坚实，断面灰绿色、黄绿色或灰白色，味苦回甜者为佳	36
	《常见中草药高效种植与采收加工》	以个大皮细、质坚体重，断面灰黑色，无裂隙（俗称“铜皮铁骨”）为佳品	37
	《实用中药性状鉴别入门》	以个大肥实、体重皮细、灰绿色有光泽、断面灰黑带绿、无裂隙者为佳	38
	《中药材鉴定图典》第 2 版	以个大、体重、质坚、表面光滑、“铜皮铁骨”者为佳	39
	《中国药学大辞典》	三七产广西田州为正道地，近日云南多种亦可用；以蓝皮蓝肉者为佳，黄皮黄肉者略差	40
	《中药大辞典》（上册）	以个大坚实、体重皮细、断面棕黑色、无裂隙者为佳	41

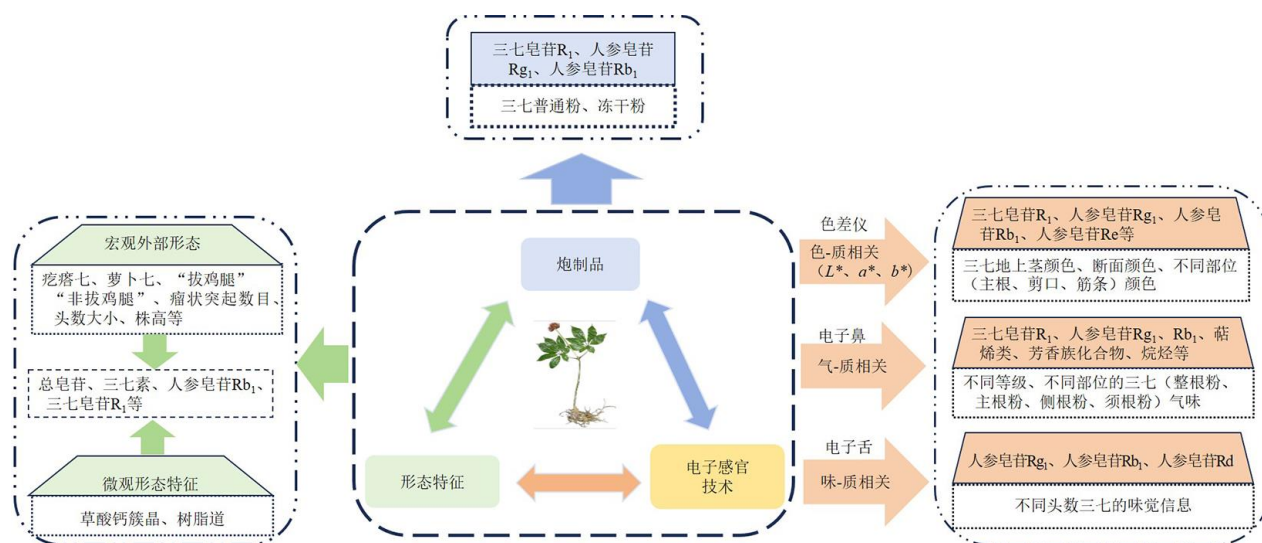


图 1 三七的状-质关联

Fig. 1 Appearance-quality association of *P. notoginseng*

形三七中 *PnAPX3*、*PnPRX45* 和 *PnMPK3* 基因总体表达高于椭圆形三七，证实了三七表型差异与相关基因表达量有关。Yu 等^[50]基于 UPLC-QTRAP-MS/MS 技术比较 20、120 头三七根重与内在成分差异，发现三七根重越高，人参皂苷 Rb_1 含量越高，但其三七素含量则越低。其中人参皂苷 Rb_1 含量与 *PnEXPA4* 和 *PnGGPPS3* 基因转录水平呈显著正相关。Wang 等^[51]对 3 年生三七的形态变异与皂苷成分进行相关性分析，发现根重、株高、花梗长等形态特征与皂苷含量相关。随着现代技术的发展，“辨状论质”已不仅局限于三七宏观外部形态，还需结合三七显微结构进一步阐明三七整体外部形态特征。罗红婷^[52]对三七显微特征指标与皂苷含量进行相关性分析，发现三七显微特征簇晶量、树脂道含量与总皂苷含量分别呈中相关和高相关。苑冬敏^[53]发现三七草酸钙簇晶显微特征常数与人参皂苷 Rg_1 呈中相关。

综上，三七地上部分外部形态可间接反映三七品质优劣，其中以等级越低（头数越小）、瘤状突起数目多的三七所含皂苷成分含量较高，“拔鸡腿”、株高、花梗长等形态特征也与皂苷类、黄酮类、三七素含量具有相关性，三七“拔鸡腿”“非拔鸡腿”中的黄酮类化合物含量差异与 *PnANS2*、*Pn4CL2/3*、*MYB-Pno08G000078* 基因的表达有关，主根表型差异与 *PnAPX3*、*PnPRX45* 和 *PnMPK3* 基因表达水平有关。此外，三七显微性状特征如草酸钙簇晶量、树脂道含量均与其皂苷成分含量有关。后续研究可考虑将三七宏观、微观形态特征结合，并与内在化

学成分进行相关性分析，以期阐明其“形-质”内涵。

2.2 三七色-质相关性

作为最直接的外观性状，色泽是中药鉴定的重要指标。传统经验认为三七药材颜色以表皮色泽为铜皮，断面黄绿色者为佳。然而三七表皮颜色和内在化学成分还常受到不同炮制方式等的影响，张君等^[54]研究发现三七普通粉与冻干粉中的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 Rb_1 、人参皂苷 Rg_1 含量存在显著差异。三七经真空冷冻干燥后表皮颜色呈黄白色，且能够有效保留皂苷类成分和三七素。可见，仅以传统三七表皮和断面色泽进行品质评价，过于片面^[55]。既往研究发现，三七地上茎的紫化、绿化与地下部总皂苷含量呈正相关^[56]。刘颖等^[57]采用色差仪测定三七不同部位（主根、剪口、筋条）粉末颜色，色差深浅为剪口（棕黄色）>筋条（浅棕色）>主根（黄白色），其中剪口中的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 Rg_1 和人参皂苷 Rb_1 含量均高于主根，但三七不同部位外观颜色与皂苷含量是否存在相关性并未阐明。李秋雨等^[10]对三七断面颜色与皂苷含量进行关联分析发现，三七皂苷 R_1 含量与 a^* 值呈极显著负相关，人参皂苷 Rg_1 、人参皂苷 Re 含量与 b^* 呈显著负相关，人参皂苷 Rb_1 含量与 L^* 呈显著负相关，人参皂苷 Rd 与 L^* 、 a^* 、 b^* 均无显著相关性，5 种皂苷总含量与 L^* 、 b^* 呈显著或极显著负相关。

以上研究表明，三七经炮制后，其外观颜色和内在化学成分均发生改变，后续研究应重点关注三七炮制前后色泽与内在化学成分的关联性。三七地上茎及断面颜色与三七皂苷成分存在相关

性,其中以地上茎为紫茎、剪口为棕黄色、地下部断面颜色呈灰绿色的三七品质更佳,进一步验证了三七“辨状论质”的可靠性,为色-质内涵的深入阐明提供依据。

2.3 三七气-质及味-质相关性

传统经验评价以口尝苦辛回甜、鼻嗅气味单一浓厚的三七品质最佳。刘元林等^[58]发现采用电子鼻信号结合神经网络分析能够实现三七主根、支根和产地的定量判别。李玲^[59]使用电子鼻技术采集嗅觉信息实现了三七药材的真伪鉴别及等级分类。汪萌等^[60]采用电子鼻对 13 个等级的云南春三七进行气味测定,发现随着三七等级降低,三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 总含量与人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 含量呈下降趋势,证实了气味与等级具有相关性。李丽霞等^[61]基于电子鼻技术测定三七不同部位(整根粉、剪口粉、主根粉、侧根粉和须根粉)萜烯类、芳香族化合物、烷烃等挥发性成分,发现上述 5 种三七粉的挥发性成分存在显著差异,提示运用电子鼻技术能够鉴别 5 种不同部位的三七粉。Lin 等^[62]基于电子鼻检测、特征提取和参数优化建立的灰狼优化算法-竞争性自适应重加权算法-最小二乘支持向量机模型能够有效区分不同部位三七粉。倪诗婷等^[11]首次使用 ASTREEII 电子舌量化采集三七味觉特征信息,发现人参皂苷 R_{g1} 含量可能与三七药材的苦味相关,且人参皂苷 R_{g1} 含量越低,苦味越重。Yang 等^[63]基于感官评价研究证实了三七中苦味成分不只 1 种,人参皂苷(R_{g1} 、 R_{b1} 、 R_d)均与三七苦味密切相关,其中以 40%乙醇洗脱部分的人参皂苷 R_{g1} 苦味强度最高。李明利^[64]基于电子感官中的电子舌技术证实了传统经验评价的可行性,电子鼻技术可用于识别文山产区和非文山产区的三七药材,但不能区分三七药材等级,这与前人研究的理论存在偏颇。目前基于三七气味性状特征与内在品质的关联研究,已明确三七苦味主要与人参皂苷(R_{g1} 、 R_{b1} 、 R_d)有关,但三七电子鼻气味信息与内在化学成分是否相关,尚未见阐明,后续可进一步深入研究,以期全面阐释三七气-质及味-质内涵。

3 三七品质成因研究

大量研究表明,三七化学成分种类丰富,主要含有皂苷类、黄酮类、多糖类、三七素等^[65],其中皂苷类成分和三七素是评价三七品质的关键成分^[66-67]。随着现代科学技术的不断进步,不仅提高了分析仪

器的灵敏度和准确度,同时也提高了分析速率,促使三七品质评价方式发生变化。三七品质优劣与其皂苷类成分、三七素含量密切相关,但上述成分的积累又常受到三七部位和商品规格、生长年限和采收期、现代产地加工干燥方式、现代炮制方法等多个因素的交叉影响。

3.1 部位与商品规格

三七不同部位和商品规格中的皂苷类成分含量与三七素含量存在差异,见表 2。(1)三七根部(表皮、韧皮部、木质部、软木组织、髓质)木质部中的三七皂苷 R_1 、人参皂苷(R_{g1} 、 R_e 、 R_{b1} 、 R_d)含量高于韧皮部、表皮,考虑可能与木质部的质地有关;(2)不同商品规格的三七中化学成分差异不显著,但皂苷类、三七素含量差异显著,剪口中的多数皂苷成分如三七皂苷 R_1 、人参皂苷(F_1 、 R_{b1} 、 R_c 、 R_d 、 R_e 、 R_{g1} 、 R_{g2} 、 R_{h1})含量最高,120 头三七中的三七素含量最高;(3)三七地上部和地下部皂苷成分分布与含量存在显著差异,可根据获得的潜在标志物区分三七根、叶、花,其中三七花和叶中以人参皂苷(R_c 、 R_{b2} 、 R_{b3})为主,三七花中的三七素含量最高,三七叶中的三七素含量最低。

综上,三七不同部位与商品规格的外观性状与皂苷类成分含量、三七素含量具有相关性,建议后续应将外观性状与内在化学成分(皂苷类成分、三七素)充分结合,有助于合理划分三七的商品规格等级。

3.2 生长年限和采收期

三七为多年生草本植物,其品质易受生长年限和采收期的影响。随着生长年限的变化,三七根部皂苷积累也随之发生变化。研究表明,1~3 年生三七主根中三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 总含量大小为 3 年生>2 年生>1 年生,其中 1/3 的 2 年生三七主根皂苷总量未达到《中国药典》2020 年版规定皂苷含量水平^[77]。Xia 等^[78]研究表明,三七于第 3 年 9 月根部中的人参皂苷(R_{g1} 、 R_e 、 R_{b1} 、 R_d)和三七皂苷 R_1 总量最高,且去除花蕾后三七根部皂苷总量显著增加。根据表 3 生长年限和采收期对三七品质的影响可知:(1)三七皂苷类成分含量、三七素含量与三七生长年限和采收期密切相关;(2)三七最佳采收期应为种植后第 3 年的秋季。同一生长年限不同生育期的三七,其皂苷成分的积累未呈规律性变化,共包括 2 次皂苷成分积累高峰期,其中 4~6 月为三七的营养生长高峰,8~10 月为生殖

表 2 部位和商品规格对三七品质的影响
Table 2 Effects of parts and commodity specifications on quality of *P. notoginseng*

研究方法	植物材料及产地	主要结论	文献
UPLC-MS	三七（根茎、主根、支根、须根）：云南省文山市	根茎和主根中的人参皂苷（Rh ₁ 、Rb ₁ 、Rd、Rb ₂ 、Rc）含量存在显著差异；主根和须根的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（Rg ₁ 、Rb ₁ 、Rc）含量存在显著差异，根茎的人参皂苷 Rb ₂ 含量高于其他部位	68
HPLC	三七（根茎、主根、支根、须根）：云南省	不同地区根茎中的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（Rg ₁ 、Re、Rb ₁ 、Rd）含量均高于主根、支根、须根；同一采收时间主根中的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 Rb ₁ 、人参皂苷 Rd 和 5 种皂苷总含量均高于须根	69
DESI-MS、HPLC、UPLC-Q-TOF-MS	3 年生三七（表皮部、韧皮部、木质部）：云南省文山市	人参皂苷 Rd、人参皂苷 Re 在表皮和木质部分布较高，人参皂苷 Rb ₁ 在木质部集中分布，其余人参皂苷 Rg ₁ 、人参皂苷 Rf、三七皂苷 R ₁ 分布于整个根部；木质部的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（Rg ₁ 、Re、Rb ₁ 、Rd）含量高于表皮部和韧皮部	70
UPLC/IM-Q-TOF-MS	三七（根、叶、花蕾）：云南省文山市、昆明市	确定了 27 种潜在标志物，其中人参皂苷（Rb ₁ 、Rb ₃ 、Ra ₁ 、Rd、Rc、Rh ₁ ）、三七皂苷 Fa、竹节参皂苷 FK ₄ 、floralginsenoside P 是最重要的标志物，根部中的人参皂苷 Rd 含量高于叶和花，而 floralginsenoside P 是区分叶和花的潜在标志物，成功建立了区分 3 个部位的鉴别标志物	71
UPLC-Q-TOF-MS、MALDI-MSI	三七（韧皮部、木质部、髓质、软木组织、主根、根茎、支根、须根）：云南省	髓质和内部木质部人参皂苷 Re 含量远高于韧皮部和外部木质部，人参皂苷-20Rh ₁ 主要分布于韧皮部；三七皂苷 Fc 和人参皂苷 Re 含量在根茎最高，三七素含量在主根最高	72
UHPLC-Q-Exactive Orbitrap MS、HPLC	12 个不同商品规格三七：云南省文山市	剪口的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（F ₁ 、Rb ₁ 、Rc、Rd、Re、Rg ₁ 、Rg ₂ 、Rh ₁ ）含量最高，20 头三七的三七皂苷 Ft ₁ 含量最高，筋条的人参皂苷 Rk ₁ 含量最高，120 头三七的三七素含量最高	73
UHPLC-MS/MS	三七（根、茎、叶）：云南省	根的人参皂苷 Rg ₁ 、人参皂苷 Rb ₁ 含量高于茎叶，叶片的人参皂苷 Rb ₃ 、人参皂苷 Rc、三七皂苷 Fd 含量远高于根与茎	74
HPLC	三七（花、根茎、叶、主根、侧根、须根）：云南省文山市	根部中的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（Rb ₁ 、Rg ₁ 、Re、Rd）含量高低为根茎>主根>侧根>须根，三七花和叶中主要含有人参皂苷（Rc、Rb ₂ 、Rb ₃ ），不同部位三七素含量高低排序为三七花>侧根>根茎>主根>须根>三七叶	75
UPLC-Q-TOF/MS	三七（主根、剪口、筋条、须根、茎叶）：云南不同地区、广西省百色市	茎叶以原人参二醇型皂苷类成分为主，地下部（主根、剪口、筋条、须根）以原人参二醇型和三醇型皂苷成分为主	76

生长高峰^[91]。此外，3 年生三七也是干物质积累最多的一年^[92]，直至 12 月生物量积累达到峰值。常见三七的栽培年限为 1~3 年，由于三七主根增厚与植物激素信号传导途径、淀粉和蔗糖代谢途径有关^[82]，人工栽培过程中施加大量化肥与植物激素，以提高三七单位面积产量，导致基于《76 种药材商品规格标准》^[93]以三七头数大小划分品质优劣，过于片面，后续研究可考虑结合皂苷类成分和三七素来判断三七品质优劣。

3.3 现代产地加工干燥方式

三七产地加工方式为阴干、晒干、烘干、冷冻干燥、微波干燥等^[94]，其所含皂苷成分具有受热易分解的特性，可能造成部分皂苷成分含量的损耗、

增加或产生新的皂苷成分，见表 4。通过整理发现现代产地加工干燥对三七品质的影响有以下几方面：（1）三七的现代加工干燥方式一定程度能够导致三七药材皂苷成分含量发生改变或产生新的皂苷成分；（2）三七经冷冻干燥处理能够最大程度的保留三七素，而阴干、晒干、40℃烘干也能有效保留三七素；（3）三七整株加工干燥与切片加工干燥均对三七外观性状与皂苷成分有所影响，二者采用晒干、阴干、低温烘干方式药味更浓，且均能最大程度保持三七外观性状完整，避免发生美拉德反应，引起皂苷成分和三七素含量减少。其中趁鲜清洗后晾晒或 40℃烘干，其药味更浓、外观性状良好、所含皂苷成分含量更高，且三七素损耗较少。

表 3 生长年限和采收期对三七品质的影响

Table 3 Effects of growth years and harvesting period on quality of *P. notoginseng*

研究方法	植物材料及产地	主要结论	文献
HPLC	1~4 年生三七: 云南文山	主根总皂苷含量随年限增长而增加, 3、4 年生的三七总皂苷增幅最小, 故建议采收 3~4 年三七	79
可见分光光度计	1~3 年生三七: 文山县薄竹镇、马塘镇、古木镇、追栗街、砚山县盘龙乡等	2、3 年生的三七根部总皂苷含量均高于 1 年生, 极少数产地 2 年生三七总皂苷含量高于 3 年生三七总皂苷, 建议采收 3 年生三七	80
HPLC	2~5 年生三七 (2、10 月): 文山	2~5 年生三七主根上端 (根头) 三七总皂苷含量递增; 同一年限 10 月的三七中三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{b1} 、人参皂苷 R_{g1} 总含量高于 2 月	81
HPLC	1~3 年生三七: 昆明官渡, 红河屏边, 曲靖罗平、富源、宣威, 文山市等; 3~4 年生三七: 昆明官渡小哨、崇明滇源; 9、11、12 月春七、冬七: 文山布都村、陡坡村、薄竹村	3 年生三七主根、剪口、筋条中的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 总含量均 $>5.0\%$; 同一产地不同等级 4 年生三七中的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_{b1} 总含量 $>5.0\%$; 同一产地同一采收月份不同规格的春七药材密度、长度、直径大于冬七, 其中春七 9 月采挖可获得较佳外观性状, 皂苷类、三七素含量也最高, 冬七 11 月三七素含量最高, 12 月皂苷类含量最高	44
HPLC、转录组学	1 年生三七 (3、5~11 月): 云南文山	主根 5~7 月膨大, 8~11 月稳定, 主根鲜质量和干质量随生育期增长而增加, 但 8~11 月差异不显著; 三七总皂苷含量随生育期增长而增加, 但 9~11 月无显著差异	82
HPLC	2~3 年生三七 (5~12 月): 贵州省盘州市丹霞镇	2 年生三七 6、7、9 月皂苷总含量 $<5.0\%$, 但 3 年生三七 5~12 月的总皂苷含量均 $>5.0\%$, 提示采收 3 年生三七为宜	83
UPLC/Q-TOF-MS	2~3 年生三七 (花序、花蕾、花梗、果梗、果皮、种皮、种子): 云南文山	3 年生三七不同部位的总皂苷含量高于 2 年生三七	84
HPLC	1~3 年生三七 (1~12 月): 云南省文山州砚山县	1、2 年生三七总皂苷含量 1~12 月快速积累时期为 10、12 月, 3 年生三七整个生长周期总皂苷含量均高于 1、2 年生三七, 以 4、5、11~12 月为积累高峰期, 3 年生三七主根长在 11 月快速生长; 主根直径则在 9 月快速生长; 5、12 月支根长增长率较高; 支根直径则在 9、12 月快速生长, 3 年生三七根系在 6、10、12 月生物量增长较快; 提示三七种植 3 年后于秋季采收为宜	85
UPLC	1~4 年生三七: 云南宣威、曲靖、文山、昆明、蒙自、腾冲等地、广西百色	主根中皂苷成分含量 4 年生 $\approx$ 3 年生 $>$ 2 年生 $>$ 1 年生, 剪口、筋条和须根的皂苷成分含量 4 年生 $>$ 3 年生 $>$ 2 年生	76
HPLC	1~3 年生三七: 曲靖富源、宣威, 文山麻栗坡、丘北, 红河建水、弥勒, 昆明石林	2、3 年生三七总皂苷含量高于 1 年生三七, 其中 3 年生三七总皂苷含量最高, 故采收 3 年生三七为佳	86
IEESI-MS	1~3 年生的三七: 文山、昆明、曲靖、红河州	1 年生三七人参皂苷 R_{b1} 的相对含量最高, 2、3 年生三七人参皂苷 R_{g1} 的相对含量显著增加, 三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{b1} 含量均显著降低	87
HPLC	3 年生三七 (5~11 月): 云南省砚山县	6~11 月三七木质部和表皮中的人参皂苷含量高于根茎, 5~7 月三七根茎的皂苷含量迅速增加, 但主根的人参皂苷含量下降, 表明同一生育期三七不同部位皂苷成分积累存在差异	88
HPLC	2~4 年生三七: 云南文山州文山县、广南县, 广西百色市田东县、贵州黔西南州安龙县	3、4 年生三七的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 (R_{b1} 、 R_{g1} 、 R_d 、 R_e) 含量均高于 2 年生三七, 但 3、4 年生三七皂苷成分含量无显著差异, 提示应于 3 年及以上采收	89
HPLC	1~6 年生三七: 砚山石门洞、苗山屏边、石林海邑	1~3 年生三七的三七皂苷 R_1 、人参皂苷 (R_{b1} 、 R_{g1} 、 R_d 、 R_e) 的积累量逐年递增, 而 4~6 年生三七皂苷含量因受样本个体或批次等影响, 未随年限增长而增加, 但其皂苷总量均显著高于 1~3 年生三七, 提示三七应于 3 年及以上采收	90

表 4 现代产地加工干燥对三七品质的影响

Table 4 Effects of modern origin processing and drying on quality of *P. notoginseng*

研究方法	植物材料及产地	主要结论	文献
HPLC	三七(日光照晒 16 h、50 ℃烘烤 9 h、100 ℃烘烤 4 h、微波干燥 20 min): 云南文山	与日光照晒相比, 50、100 ℃烘烤组皂苷含量分别平均降低了 1.0%、15.9%, 微波干燥组皂苷含量平均降低了 12.6%, 提示日光照晒与 50 ℃烘烤适宜用于干燥三七	95
HPLC	3 年生三七(自然晾晒、木炭烘烤法、太阳能大棚干燥、热风循环 45、55、65、75 ℃干燥法): 云南文山邱北腻脚	不同处理三七皂苷含量大小依次为: 太阳能大棚干燥法>55 ℃热风循环干燥法>自然晾晒干燥法>45 ℃热风循环干燥法>传统木炭烘烤法>75 ℃热风循环干燥法>65 ℃热风循环干燥法, 其中三七经 65、75 ℃热风循环干燥, 人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 和三七皂苷 R ₁ 含量之和<5.0%	96
HPLC	三七(鲜三七、微波干燥、自然晾晒): 云南文山邱北	鲜三七、自然晾晒三七的人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 和三七皂苷 R ₁ 含量之和>5.0%, 微波低、中、高火干燥 3 种皂苷含量之和<5.0%; 自然晾晒三七切面呈灰绿色、粉末颜色为灰黄色, 提示三七干燥方式以自然晾晒为佳	97
HPLC	三七(传统不清洗直接晒干、传统打磨加工、趁鲜清洗后晒干、干药材清水浸泡清洗 5、15、30 min 后再晒干): 云南省文山市	趁鲜清洗后晾晒和干制后三七再浸洗, 人参皂苷 R _{g1} 含量增加, 干制后三七再浸洗时人参皂苷 R _e 含量减少; 传统不清洗直接晾晒方式可获得最高的三七素含量, 其他干燥方式均会导致三七素含量降低; 趁鲜清洗再晾晒处理的三七表皮完整呈灰褐色或灰棕绿色, 药味浓烈, 外观性状较其他处理良好, 提示三七趁鲜清洗再晾晒可获得更佳的外观性状和品质	98
HPLC	3 年生三七(阴干、晒干、冻干及热风干燥 40、50、60 ℃): 云南省文山市	三七经冻干处理后的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _e 含量和三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 含量之和较晒干均有不同程度提高, 阴干处理后的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 含量之和增加, 50 ℃>40 ℃>60 ℃烘干更利于保留及增加皂苷含量; 三七经冻干和阴干处理可获得更高的三七素含量, 晒干与烘干处理易引起三七素含量下降, 以烘干处理降幅更大; 阴干与晒干可较好的维持三七传统外观性状, 阴干更佳, 40 ℃烘干较 50、60 ℃烘干可获得良好的三七外观性状	99
HPLC	三七(冷冻干燥、阴干、晒干、40、50、60 ℃烘干): 文山丘北、昆明嵩明滇源	冷冻干燥三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 含量之和最高, 其次为阴干、50 ℃烘干、晒干、40 ℃烘干、60 ℃烘干; 三七素含量高低顺序为冷冻干燥>晒干>阴干>40 ℃烘干>50 ℃烘干>60 ℃烘干; 阴干和晒干三七较冷冻干燥与烘干三七质地、断面颜色、气味性状更优	44
HPLC	3 年生三七(整根晒干、整根 50 ℃烘干、趁鲜切制后阴干、晒干、40~60 ℃烘干和冻干处理): 昆明市嵩明县滇源镇	与传统晒干处理相比, 冻干处理的三七各种单体皂苷和皂苷总和升高, 其次是阴干处理、趁鲜切制后 50 ℃烘干三七各种单体皂苷和皂苷总和均最高, 其次是 40、60 ℃烘干处理; 与传统整根晒干相比, 以三七趁鲜冷冻干燥后的三七素含量最高; 趁鲜切制后 40、50、60 ℃烘干三七表皮颜色均为黄绿色	100
HPLC、苯酚-硫酸法、紫外分光光度法	3 年生三七(传统干燥粉、冻干三七粉、鲜三七快干粉): 云南文山市	与传统饮片相比, 鲜三七快干粉和冻干三七粉三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷(R _{g1} 、R _{b1} 、R _d 、R _e) 之和均提高; 三七冻干粉、鲜三七快干粉中 5 种皂苷含量之和、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 含量显著提高, 三七皂苷 R ₁ 含量显著降低, 其中冻干三七粉人参皂苷 R _e 、人参皂苷 R _d 含量均高于其他 2 种饮片	101
HPLC、UV	三七(60、80 ℃热风干燥, -20 ℃冷冻干燥)	总皂苷含量大小: 冷冻干燥>60 ℃热风干燥>80 ℃热风干燥, 冷冻干燥后人参皂苷(R _{g1} 、R _{b1} 、R _e 、R _d) 含量均高于 60 ℃热风干燥, 但三七皂苷 R ₁ 含量则低于 60 ℃热风干燥	102
HPLC	三七粉热处理: 90、95、100 ℃3 个热处理温度梯度, 于 8、10、12 h 取样	三七粉经 90 ℃热处理 10 h 人参皂苷 R _e 含量升高, 100 ℃热处理的人参皂苷 R _{b1} 含量均升高, 其余三七粉热处理方式均导致三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷(R _{g1} 、R _{b1} 、R _d 、R _e) 含量之和降低	103

综上,三七现代加工干燥方式导致外观性状与皂苷类成分、三七素均受到影响,故三七加工干燥过程中需结合外观性状,利用现代科学技术与色谱技术,综合考虑不同加工干燥方式对三七品质的影响。

3.4 现代炮制方式

由于三七产地和部位的不同,导致其外观性状、皂苷类成分及含量存在差异。三七经油炸、蒸制、砂烫等炮制后进一步加剧三七外观颜色及皂苷成分变化差异^[104-106],部分皂苷含量减少或增加,同时产生新的皂苷成分。研究发现三七经蒸煮后会改变其皂苷成分,人参皂苷(Rg₁、Rb₁、Rd、Re)、三七皂苷R₁逐渐减少,转化生成新的皂苷成分^[107-110]。根据表5三七现代炮制方法对其品质的影响有以下几方面:(1)蒸制过程中导致三七常见皂苷成分三七皂苷R₁、人参皂苷(Rg₁、Rb₁、Re、Rd)含量损失,同时产生少量罕见的人参皂苷20(R/S)-Rg₃、人参皂苷20(R/S)-Rh₁等成分;(2)三七蒸制工艺中加入黑豆汁一同炮制,一定程度能够起到保护皂苷成分的作用;(3)三七经烘焙、蒸制、油炸后,烘焙三七的皂苷成分与含量变化最小,蒸制与油炸三七的皂苷成分及含量变化,无规律性。

综上,三七不同炮制方式中,烘焙三七、蒸制三七、黑豆汁蒸制三七能够维持良好的三七外观性状的同时,炮制品中的皂苷成分含量及产生的新皂苷成分数目均较其他炮制方式显著增加。因三七在炮制过程中其质地、颜色、气味等外观性状特征易受到影响。因此,后续研究可借助电子鼻、电子舌、电子眼等技术将三七炮制品外观性状进行量化,并与三七皂苷类成分进行关联分析,从而保障三七炮制品的质量。

4 结语与展望

历代本草中记载的传统经验鉴别方式,是对客观事实的归纳与总结,是现代“辨状论质”理论的缩影。本文经考证三七历代本草及查阅文献,当前已厘清历代本草三七“辨状论质”观的历史沿革,其中三七“辨状论质”的发展历经明朝至民国,除对外观颜色、气味、形状等外观性状进行品质评价外,还增加了产地等判别依据,且于清代时期三七品质评价方式日益增多,直至民国之后,才逐渐形成系统的“辨状论质”观。

随着电子感官技术的发展,研究者运用色差仪、电子鼻与电子舌技术,将三七形状、颜色、气味特

征进行量化,克服了传统“辨状论质”理论主观片面的缺点,与皂苷类成分、萜烯类、芳香族化合物、三七素等进行相关性分析的研究也取得重大进展。相关研究表明,三七头数、瘤状突起数目、“拔鸡腿”、株高、花梗长等宏观形态特征与其草酸钙簇晶量、树脂道含量等显微特征,与皂苷类、三七素含量具有相关性;三七不同部位颜色与其皂苷成分具有相关性,且三七经炮制后,其外观颜色和内在化学成分均发生改变,地上茎为紫茎、剪口为棕黄色、地下部断面颜色呈灰绿色的三七品质更佳;三七苦味与人参皂苷(Rb₁、Rg₁、Rd)显著相关;三七气味可能与其三七皂苷R₁、人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁总含量及人参皂苷Rg₁、人参皂苷Rb₁含量、萜烯类、芳香族化合物、烷烃类等化合物具有相关性。但均未见将三七整体性状特征与内在化学成分(皂苷类化合物、三七素等)含量进行关联分析的研究。

不同部位与商品规格、生长年限和采收期、现代产地加工干燥方式、现代炮制方法等均会影响三七外观性状及化学成分。其中,三七不同部位和商品规格中的外观性状与皂苷类成分含量、三七素含量具有一定的相关性;秋季采收3年生三七可获得最大干物质积累与皂苷类成分含量和三七素含量;三七整株或切片采用晒干、阴干、低温烘干方式,可获得药味更浓、颜色佳及外形质地坚实,皂苷类成分含量与三七素含量保留最高的三七药材干燥品;三七炮制过程中其外观性状如质地、颜色、气味均受到影响,常见皂苷成分三七皂苷R₁、人参皂苷(Rg₁、Rb₁、Re、Rd)含量减少,但采用烘焙、黑豆汁蒸制三七可避免三七炮制过程中发生美拉德反应,进而导致三七外观表皮颜色褐化及其皂苷成分损失或发生转化。

综上,将辨状论质理论应用于三七药材的质量评价,具有广阔的应用前景及研究价值。建议后续研究基于辨状论质理论,建立三七整体外观性状与皂苷类成分和三七素含量的相关性分析,从而明确最能反映其品质的外观性状特征。传统经验认为三七“以个大、体重、色好、光滑、坚实而不空泡者”为佳,未充分考虑其临床疗效,因此可建立“性状-成分-药效”的相关性模型和“性状-质量标志物-生物效应”的模式,有助于形成系统科学的三七质量评价体系,进而提升临床疗效。此外,通过将三七外观性状特征与其内在化学成分二者结合,可用于

表 5 现代炮制方法对三七品质的影响

Table 5 Effects of modern processing methods on quality of *P. notoginseng*

研究方法	植物材料及产地	主要结论	文献
HPLC	三七（蒸制、油炸）：云南文山州	蒸制三七的人参皂苷 R _{g1} 含量低于生三七，但三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{b1} 、人参皂苷 R _e 含量高于生三七和油炸三七，油炸三七的三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _e ）含量均低于蒸制三七	111
HPLC	三七（蒸、油炸、砂炒）：云南文山	三七经炮制后，三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _e 、R _d ）含量发生改变，其中油炸三七中的三七皂苷 R ₁ 含量高于生三七，蒸三七中的人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _e 、R _d ）含量降幅最小	112
UPLC	20~120 头三七和根须（蒸制三七）：云南	随着蒸制时间逐渐延长，人参皂苷 [R _{g6} 、F ₄ 、R _{k3} 、R _{h4} 、20(S)-R _{g3} 、20(R)-R _{g3} 、R _{k1} 、R _{g5} 、20(S)-R _{h2} 、20(R)-R _{h2}] 含量均增加	113
HPLC	熟三七粉（蒸制）：云南	人参皂苷 [20(R/S)-R _{g3} 、20(R/S)-R _{h1} 、R _{g6} 、F ₄ 、R _{h4} 、R _{k3} 、R _{k1} 、R _{g5}] 为新增皂苷成分	114
HPLC	熟三七粉（蒸制）：云南省文山	三七皂苷 R ₁ 和人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} 、R _d ）含量呈下降趋势，稀有人参皂苷 [R _{h1} 、R _{k3} 、R _{h4} 及 20(R/S)-R _{g3}] 含量增加	115
HPLC	三七（105、110、120 °C，蒸制 2~10 h，置 45 °C 烘干至恒质量）：云南	蒸制三七主要活性成分为人参皂苷 [R _{h1} 、R _{k3} 、R _{h4} 、20(R)-R _{g3}]，三七在 110、120 °C 下长时间蒸制，三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} 、R _d ）含量显著降低	116
HPLC	三七（油炸品，黑豆汁蒸 7 h，常压蒸 4.0、8.5 h，105 °C 蒸 1.5 h，110 °C 蒸 2 h）：云南文山州	人参皂苷 R _{b1} 、三七皂苷 R ₁ 及人参皂苷 R _{g1} 的质量分数降低；人参皂苷 R _{b1} 质量分数：油炸品>105 °C 蒸 1.5 h>黑豆汁蒸 7 h>常压蒸 4 h>110 °C 蒸 2 h>常压蒸 8.5 h；三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 质量分数：油炸品>黑豆汁蒸 7 h>常压蒸 4 h>105 °C 蒸 1.5 h>110 °C 蒸 2 h>常压蒸 8.5 h	117
HPLC	三七（蒸制、油炸、砂烫、烘焙）：云南省昆明市官渡区	烘焙三七中仅有人参皂苷 R _{b1} 降低，其余三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _d ）均升高，其余炮制品中的 5 种皂苷含量均下降：砂烫>油炸>蒸制；砂烫三七与油炸三七表面呈金黄色，而烘焙三七与蒸制三七则稍微加深	118
HPLC	三七（105、110、120 °C，蒸制 2~10 h，在 45 °C 干燥箱中至恒质量）：云南	随着蒸制温度和时间的升高，三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} ）含量均降低，人参皂苷 20(S)-R _{g3} 含量则升高	119
HPLC	三七（砂烫、蒸制、烘焙、油炸）：云南文山	烘焙三七中三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _d 、R _e ）含量均增加，人参皂苷 R _{b1} 含量下降。砂烫三七、蒸制三七及油炸三七中的人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _d 、R _e ）含量均下降，其中砂烫三七中的三七皂苷 R ₁ 含量下降，而蒸制三七与油炸三七中三七皂苷 R ₁ 含量增加；油炸三七与砂烫三七呈金黄色，蒸制三七与烘焙三七的颜色较深	120
HPLC	蒸制三七（根、茎叶）：云南文山	蒸制后三七根部中的人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} 、R _d ）和三七皂苷 R ₁ 转化成人参皂苷 [R _{k3} 、R _{h4} 、R _{k1} 、R _{g5} 、20(S/R)-R _{g3}]；三七茎叶中的三七皂苷 F _c 、人参皂苷 R _{b3} 和绞股蓝皂苷 IX 则转化为 20(S/R)-人参皂苷 R _{g3} 、20(S/R)-三七皂苷 F _{t1} 、人参皂苷（R _{k1} 、R _{g5} 、R _{s3} 、R _{h2} 、R _{h3} 、R _{k2} ）	121
HPLC	蒸制三七：云南省	三七蒸制后根部、茎叶中的人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} 、R _{b2} 、R _d ）含量降低，极性较低的人参皂苷含量增加	122
HPLC	蒸制三七	三七皂苷 R ₁ 和人参皂苷（R _{g1} 、R _e 、R _{b1} ）含量均降低，生成人参皂苷 20(R/S)-R _{g3} ；随着蒸制温度和时间的增加，样品粉末 <i>b</i> [*] 、 <i>L</i> [*] 和 ΔE^* 整体呈下降趋势， <i>a</i> [*] 呈上升趋势，颜色逐渐加深，由灰色向褐色、暗黑色过渡	123
UPLC-Q-TOF-MS/MS	熟三七粉：云南文山	生三七蒸制后中 20(S)-人参皂苷 R _{g3} 、20(S)-人参皂苷 R _{h1} 、人参皂苷（R _{g3} 、R _{h1} 、R _{k3} ）含量升高；三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _e ）含量下降	124
HPLC	3 年生三七（105、110、120 °C，蒸制 2~10 h）：云南文山	蒸制后三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷（R _{g1} 、R _{b1} 、R _d 、R _e ）含量降低，导致转化生成的人参皂苷 [R _{g2} 、R _{h1} 、R _{k3} 、R _{h4} 、20(S)-R _{g3} 、20(R)-R _{g3} 、R _{g5}] 含量增加，说明蒸制温度和时间会导致三七化学成分的改变，以蒸制温度影响较大	125
UPLC-Q-TOF-MS/MS	三七（时间依赖处理：100 °C 处理 2~12 h；温度依赖处理：100~140 °C 处理 2 h）：云南省	随着蒸制时间的延长与温度的升高，三七的表面颜色趋向于深色；人参皂苷（R _{b1} 、R _{g1} 、R _d 、R _e ）和三七皂苷 R ₁ 含量逐渐降低，稀皂苷成分含量则逐渐增多	126
HPLC	3 年生三七（蒸制）：云南曲靖、文山、红河	三七皂苷 R ₁ 、人参皂苷 R _{g1} 、人参皂苷 R _{b1} 含量存在差异	127

指导其商品规格等级的建立、采收、干燥炮制加工等方面,充分体现了“辨状论质”理论的应用价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 12-13.
- [2] Wang Z, Xie X H, Wang M C, et al. Analysis of common and characteristic actions of *Panax ginseng* and *Panax notoginseng* in wound healing based on network pharmacology and Meta-analysis [J]. *J Ginseng Res*, 2023, 47(4): 493-505.
- [3] Xu Y, Tan H Y, Li S, et al. *Panax notoginseng* for inflammation-related chronic diseases: A review on the modulations of multiple pathways [J]. *Am J Chin Med*, 2018, 46(5): 971-996.
- [4] 《南国神草, 三七》编委会编. 南国神草三七 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2016: 24.
- [5] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物 (Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [6] 韩彦琪, 李新, 王德勤, 等. 基于消肿定痛功效的三七粉质量标志物研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2022, 24(1): 55-62.
- [7] 刘耀晨, 张铁军, 郭海彪, 等. 三七的研究进展及其质量标志物预测分析 [J]. 中草药, 2021, 52(9): 2733-2745.
- [8] 周正宗, 吕尚, 金浩鑫, 等. 基于“辨状论质”结合指纹图谱的杜仲药材质量等级标准研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2023, 34(5): 668-674.
- [9] 唐进程, 祁晓娟, 赵江怡, 等. 基于“辨状论质”理论对唐古特大黄外观性状与内在质量的相关性研究 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(9): 1887-1894.
- [10] 李秋雨, 丁永胜, 王晓玫, 等. 基于色度原理分析三七断面颜色与皂苷含量的相关性 [J]. 中药材, 2020, 43(1): 110-114.
- [11] 倪诗婷, 杨天歌, 高旭华, 等. ASTREEII 电子舌在不同头数三七分类识别中的应用 [J]. 北京中医药, 2022, 41(10): 1164-1167.
- [12] 张优, 张洪玲, 李桂琼, 等. 三七“拔鸡腿”对三七主根产量和皂苷含量的表征 [J]. 中药材, 2021, 44(4): 773-779.
- [13] 李时珍. 本草纲目 [M]. 长春: 吉林大学出版社, 2009: 103-104.
- [14] 李中立. 本草原始 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007: 193-194.
- [15] 汪昂. 本草备要 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2018: 58.
- [16] 张璐. 本经逢源 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2015: 58.
- [17] 稻宣义. 炮炙全书 4 卷 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 1981: 39.
- [18] 吴仪洛. 本草从新 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 20.
- [19] 张秉成. 本草便读 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2015: 22.
- [20] 汪切庵. 本草易读 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1987: 133-134.
- [21] 赵学敏. 本草纲目拾遗 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007: 61-62.
- [22] 赵其光. 本草求原 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016: 59.
- [23] 陈仁山. 药物出产辨 [M]. 广州: 广东中医药专门学校, 1930.
- [24] 曹炳章. 增订伪药条辨 [M]. 刘德荣点校. 福州: 福建科学技术出版社, 2004: 28-29.
- [25] 刘文英. 药物学备考 [M]. 北平同济堂, 1935: 14.
- [26] 中国药典 [S]. 一部. 1964: 8.
- [27] 中国药典 [S]. 一部. 1978: 18.
- [28] 中国药典 [S]. 一部. 1990: 7.
- [29] 冯耀南. 中药材商品规格质量鉴别 [M]. 广州: 暨南大学出版社, 1995: 7-9.
- [30] 金世元. 金世元中药材传统鉴别经验 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2012: 110-111.
- [31] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998: 839-850.
- [32] 黄鑫. 三七 [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2005: 17.
- [33] 桂镜生. 中药商品学 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 2015: 14.
- [34] 万德光. 中药品种品质与药效 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007: 63.
- [35] 于江泳, 陆兔林. 常用中药饮片炮制规范及操作规程研究 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2019: 1.
- [36] 卫莹芳. 中药鉴定学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010: 134.
- [37] 李典友. 常见中草药高效种植与采收加工 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2019: 23.
- [38] 李喜香, 刘效栓. 实用中药性状鉴别入门 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 2015: 86.
- [39] 赵中振, 陈虎彪. 中药材鉴定图典 [M]. 第2版. 福州: 福建科学技术出版社, 2018: 32.
- [40] 前世界书局. 中国药学大辞典 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1956: 38.
- [41] 江苏新医学院. 中药大辞典 上 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993: 54.
- [42] 丁永胜, 罗静, 赵程博文, 等. 基于 HPLC 法和灰色关联法评价不同产地、不同商品规格三七质量 [J]. 中草

- 药, 2020, 51(4): 1069-1075.
- [43] 汪萌. 基于多重分析手段的三七商品规格等级划分研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2016.
- [44] 徐娜. 三七药材商品质量影响因素研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2016.
- [45] Chen Q L, Liang Z T, Brand E, *et al.* Distributive and quantitative analysis of the main active saponins in *Panax notoginseng* by UHPLC-QTOF/MS combining with fluorescence microscopy and laser microdissection [J]. *Planta Med*, 2016, 82(3): 263-272.
- [46] 虞慕瑶. 三七瘤状突起的形成机制及其对品质的影响研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2023.
- [47] Zhang H L, Li G Q, Zhao C L, *et al.* Characterizations of “drumstick-forming” on saponin contents of *Notoginseng Radix et Rhizoma* and their saccharide metabolism basis of vegetative organs of *Panax notoginseng* [J]. *Ind Crops Prod*, 2022, 180: 114699.
- [48] 熊芹. “拔鸡腿”对三七根部类黄酮含量及合成相关基因表达的研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2023.
- [49] Yang L F, Wang H Y, Wang P P, *et al.* *De novo* and comparative transcriptomic analysis explain morphological differences in *Panax notoginseng* taproots [J]. *BMC Genomics*, 2022, 23(1): 86.
- [50] Yu M Y, Hua Z Y, Liao P R, *et al.* Increasing expression of *PnGAP* and *PnEXPA4* provides insights into the enlargement of *Panax notoginseng* root size from Qing dynasty to cultivation era [J]. *Front Plant Sci*, 2022, 13: 878796.
- [51] Wang D, Koh H L, Hong Y, *et al.* Chemical and morphological variations of *Panax notoginseng* and their relationship [J]. *Phytochemistry*, 2013, 93: 88-95.
- [52] 罗红婷. 人参、大黄等六种中药材显微量化研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2014.
- [53] 苑冬敏. 黄柏等五种中药显微特征常数与化学成分相关性及中成药显微定量研究 [D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2007.
- [54] 张君, 孙思勉, 赵琳, 等. 普通和冻干三七粉的有效成分及药理作用比较 [J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2020, 40(3): 269-275.
- [55] 刘胜男, 王承满, 杨野, 等. 三七真空冷冻干燥工艺优化及对活性成分影响的研究 [J]. 华东理工大学学报: 自然科学版, 2020, 46(4): 517-525.
- [56] 孙玉琴, 陈中坚, 黄天卫, 等. 三七不同变异类型中皂苷的差异研究 [J]. 中草药, 2010, 41(6): 993-996.
- [57] 刘颖, 苏桂云, 芦海生, 等. 不同部位三七粉显微特征及质量标准 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(23): 34-39.
- [58] 刘元林, 龙鸣, 张希, 等. 基于电子鼻与多元统计分析判别三七品质 [J]. 中成药, 2021, 43(3): 700-707.
- [59] 李玲. 基于电子鼻的三七及其伪品的分类研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
- [60] 汪萌, 闫永红, 朱广伟, 等. 高效液相色谱法与电子鼻仿生技术在三七等级评价中的综合应用 [J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(8): 3324-3329.
- [61] 李丽霞, 张浩, 林宇浩, 等. 电子鼻结合 GC-MS 鉴别不同部位的三七粉 [J]. 食品科学, 2023, 44(20): 321-329.
- [62] Lin Y H, Zhang F J, Li L X, *et al.* Identification of *Panax notoginseng* powder in different parts based on the electronic nose and time-domain feature extraction [J]. *J Electrochem Soc*, 2022, 169(4): 047510.
- [63] Yang J, Qiu M, Lu T, *et al.* Discovery and verification of bitter components in *Panax notoginseng* based on the integrated strategy of pharmacophore model, system separation and bitter tracing technology [J]. *Food Chem*, 2023, 428: 136716.
- [64] 李明利. 传统分级方法导向的三七“经验-效应-成分-电子感官”整体质量评价研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
- [65] 夏鹏国, 张顺仓, 梁宗锁, 等. 三七化学成分的研究历程和概况 [J]. 中草药, 2014, 45(17): 2564-2570.
- [66] Liu C L, Xu F R, Zuo Z T, *et al.* Network pharmacology and fingerprint for the integrated analysis of mechanism, identification and prediction in *Panax notoginseng* [J]. *Phytochem Anal*, 2023, 34(7): 772-787.
- [67] Yang Z J, Liu G Z, Zhang G H, *et al.* The chromosome-scale high-quality genome assembly of *Panax notoginseng* provides insight into dencichine biosynthesis [J]. *Plant Biotechnol J*, 2021, 19(5): 869-871.
- [68] Wang J R, Yau L F, Gao W N, *et al.* Quantitative comparison and metabolite profiling of saponins in different parts of the root of *Panax notoginseng* [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62(36): 9024-9034.
- [69] Yang Z Z, Zhu J Q, Zhang H, *et al.* Investigating chemical features of *Panax notoginseng* based on integrating HPLC fingerprinting and determination of multiconstituents by single reference standard [J]. *J Ginseng Res*, 2018, 42(3): 334-342.
- [70] Wei G F, Yang F, Wei F G, *et al.* Metabolomes and transcriptomes revealed the saponin distribution in root tissues of *Panax quinquefolius* and *Panax notoginseng* [J]. *J Ginseng Res*, 2020, 44(6): 757-769.
- [71] Li W W, Yang X N, Chen B X, *et al.* Ultra-high performance liquid chromatography/ion mobility time-of-flight mass spectrometry-based untargeted metabolomics combined with quantitative assay unveiled the metabolic difference among the root, leaf, and flower bud of *Panax*

- notoginseng* [J]. *Arab J Chem*, 2021, 14(11): 103409.
- [72] Sun C L, Ma S S, Li L L, *et al.* Visualizing the distributions and spatiotemporal changes of metabolites in *Panax notoginseng* by MALDI mass spectrometry imaging [J]. *J Ginseng Res*, 2021, 45(6): 726-733.
- [73] 李秋雨, 边丽华, 王晓玫, 等. 不同商品规格三七止血功效的谱效关系研究 [J]. 中国中药杂志, 2021, 46(16): 4157-4166.
- [74] Gao M Y, Cao X N, Wei S J, *et al.* Quantitative comparison and chemical profile of different botanical parts of *Panax notoginseng* from different regions [J]. *Front Nutr*, 2022, 9: 841541.
- [75] 张单丽. 酸性氨基酸浸润蒸制三七的加工方法及其加工品对急性肝损伤的保护作用 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2021.
- [76] 唐艳. 基于液相色谱、近红外光谱技术和化学计量学的三七和西洋参样品质量评价研究 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2018.
- [77] Jia X H, Wang C Q, Liu J H, *et al.* Comparative studies of saponins in 1-3-year-old main roots, fibrous roots, and rhizomes of *Panax notoginseng*, and identification of different parts and growth-year samples [J]. *J Nat Med*, 2013, 67(2): 339-349.
- [78] Xia P G, Guo H B, Ru M, *et al.* Accumulation of saponins in *Panax notoginseng* during its growing seasons [J]. *Ind Crops Prod*, 2017, 104: 287-292.
- [79] 朱伟伟, 王齐. 高效液相色谱法测定不同年限三七根中皂苷含量 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(3): 1407-1408.
- [80] 王振峰, 高云涛, 张文斌, 等. 不同生长年限三七中总皂苷含量的变化特征 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8458-8459.
- [81] 龙扬. HPLC 法测定不同采收期三七中有效成分含量 [J]. 亚太传统医药, 2015, 11(7): 24-25.
- [82] Li X J, Yang J L, Hao B, *et al.* Comparative transcriptome and metabolome analyses provide new insights into the molecular mechanisms underlying taproot thickening in *Panax notoginseng* [J]. *BMC Plant Biol*, 2019, 19(1): 451.
- [83] 林洁. 引种三七生长动态观察及品质产量调控研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
- [84] Ma L J, Ma N, Wang B Y, *et al.* Ginsenoside distribution in different architectural components of *Panax notoginseng* inflorescence and infructescence [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2021, 203: 114221.
- [85] 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.
- [86] 蒋腾川, 王艳林, 洪影雯, 等. 不同生长年限对三七主根中总皂苷及浸出物含量的影响 [J]. 广西中医药, 2022, 45(2): 59-63.
- [87] Zhang X P, Chen Z Y, Qiu Z D, *et al.* Molecular differentiation of *Panax notoginseng* grown under different conditions by internal extractive electrospray ionization mass spectrometry and multivariate analysis [J]. *Phytochemistry*, 2022, 194: 113030.
- [88] Tang Q Y, Lu Y C, Zhang G H, *et al.* Ginsenosides accumulation and related genes expression in different underground parts of *Panax notoginseng* during maturation stage [J]. *Ind Crops Prod*, 2022, 175: 114228.
- [89] 蒙蒙, 王岩. 一测多评法测定不同产地和生长年限三七中 5 个成分的含量 [J]. 中药材, 2023, 46(4): 959-964.
- [90] 张姝妍, 刘梦楠, 珍桑拉姆, 等. 三七生长年限对 5 个皂苷及其抗血栓作用的影响 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(6): 1252-1258.
- [91] Zheng Y J, Xia P G, Chai W G, *et al.* Accumulation dynamics of elements in *Panax notoginseng* during its whole growing seasons [J]. *Ind Crops Prod*, 2020, 158: 113023.
- [92] 崔秀明, 王朝梁. 三七生长及干物质积累动态的研究 [J]. 中药材, 1991, 14(9): 9-11.
- [93] 七十六种药材商品规格标准 [S]. 1984: 15.
- [94] 阙祖亮, 庞丹清, 陈勇, 等. 三七的种植及采收加工现状 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(4): 41-45.
- [95] 马妮, 高明菊, 周家明, 等. 不同干燥方法对三七切片皂苷含量的影响 [J]. 特产研究, 2010, 32(3): 40-42.
- [96] 杨海峰. 改进三七加工技术的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- [97] 高明菊, 冯光泉, 曾鸿超, 等. 微波干燥对三七皂苷有效成分的影响 [J]. 中药材, 2010, 33(2): 198-200.
- [98] 陈骏飞, 徐娜, 金艳, 等. 趁鲜清洗和干制后清洗对三七药材质量的影响 [J]. 中国药学杂志, 2017, 52(14): 1227-1233.
- [99] 刘勇, 徐娜, 陈骏飞, 等. 不同干燥方法对三七药材外观性状与内在结构及其品质的影响 [J]. 中草药, 2019, 50(23): 5714-5723.
- [100] 刘勇, 陈骏飞, 徐娜, 等. 趁鲜切制加工对三七药材干燥速率和质量的影响 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(7): 1381-1391.
- [101] 吕冬, 肖素芸, 罗才琴, 等. 基于功效成分—药效评价的三七新型饮片质量分析 [J]. 云南农业大学学报: 自然科学, 2022, 37(4): 638-647.
- [102] 吴岚, 韦柳卫, 韦锦梅, 等. 基于成分的三七质量分析研究 [J]. 湖北农业科学, 2022, 61(15): 195-198.
- [103] 郭媛媛, 朱志坤, 王飘, 等. 三七粉热处理工艺研究 [J]. 时珍国医国药, 2023, 34(9): 2132-2135.

- [104] 胡启蒙, 陈朝银, 樊启猛, 等. 三七的炮制研究与规范 [J]. 中国当代医药, 2015, 22(5): 12-16.
- [105] 李雨昕, 邢娜, 张志宏, 等. 基于高效液相色谱和红外光谱的生三七及其炮制品的鉴别 [J]. 中国药房, 2021, 32(18): 2194-2202.
- [106] 刘人凤, 岳璇, 周平, 等. 基于三七用药沿革对其炮制品熟三七研究进展的思考 [J]. 成都中医药大学学报, 2023, 46(1): 67-74.
- [107] Sun S, Wang C Z, Tong R, *et al.* Effects of steaming the root of *Panax notoginseng* on chemical composition and anticancer activities [J]. *Food Chem*, 2010, 118(2): 307-314.
- [108] Toh D F, Patel D N, Chan E C, *et al.* Anti-proliferative effects of raw and steamed extracts of *Panax notoginseng* and its ginsenoside constituents on human liver cancer cells [J]. *Chin Med*, 2011, 6: 4.
- [109] Xiong Y, Chen L J, Man J H, *et al.* Chemical and bioactive comparison of *Panax notoginseng* root and rhizome in raw and steamed forms [J]. *J Ginseng Res*, 2019, 43(3): 385-393.
- [110] Wang D, Liao P Y, Zhu H T, *et al.* The processing of *Panax notoginseng* and the transformation of its saponin components [J]. *Food Chem*, 2012, 132(4): 1808-1813.
- [111] 万晓青, 夏伯侯, 楼招欢, 等. 三七不同炮制品中皂苷类成分的含量比较 [J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(4): 841-843.
- [112] 周新惠, 赵荣华, 张荣平, 等. 三七不同加热炮制品中 5 种皂苷类成分的含量测定 [J]. 云南中医学院学报, 2013, 36(6): 11-14.
- [113] 陈斌, 蔡涛, 贾晓斌. UPLC 同时测定蒸制三七中的 10 种人参皂苷类活性成分的含量 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(9): 1614-1619.
- [114] 姚小玲, 邹亮, 王秀萍, 等. 利用高效液相色谱法对蒸制三七粉中多个皂苷类成分的测定 [J]. 世界中医药, 2015, 10(5): 641-643.
- [115] 武双, 崔秀明, 郭从亮, 等. 不同蒸制法对三七主根中皂苷的影响 [J]. 中草药, 2015, 46(22): 3352-3356.
- [116] Xiong Y, Chen L J, Hu Y P, *et al.* Uncovering active constituents responsible for different activities of raw and steamed *Panax notoginseng* roots [J]. *Front Pharmacol*, 2017, 8: 745.
- [117] 肖辉. 三七不同炮制品中皂苷类成分的测定探究 [J]. 黑龙江中医药, 2019, 48(5): 347-348.
- [118] 胡德美, 鲍泥满, 郑霏艳, 等. 三七不同炮制方法色谱峰的研究 [J]. 云南中医中药杂志, 2019, 40(7): 54-59.
- [119] Zhang Z J, Chen L J, Cui X M, *et al.* Identification of anti-inflammatory components of raw and steamed *Panax notoginseng* root by analyses of spectrum-effect relationship [J]. *RSC Adv*, 2019, 9(31): 17950-17958.
- [120] 陈英奎. 对比三七不同炮制品中皂苷类成分的含量 [J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(21): 45-49.
- [121] 顾承真, 曾碧雪, 张钰佳, 等. 人参属植物高温蒸制前后人参皂苷含量的变化和细胞毒活性研究 [J]. 中草药, 2021, 52(11): 3391-3397.
- [122] Zhang F X, Tang S J, Zhao L, *et al.* Stem-leaves of *Panax* as a rich and sustainable source of less-polar ginsenosides: Comparison of ginsenosides from *Panax ginseng*, American ginseng and *Panax notoginseng* prepared by heating and acid treatment [J]. *J Ginseng Res*, 2021, 45(1): 163-175.
- [123] 高亚珍, 邹俊波, 王智超, 等. 不同蒸制工艺对三七有效成分变化规律的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(3): 147-154.
- [124] 吴明. 熟三七成分分析及补血药效与代谢机制研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2021.
- [125] Ma D D, Wang J, Yin G, *et al.* The study of steaming durations and temperatures on the chemical characterization, neuroprotective, and antioxidant activities of *Panax notoginseng* [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 3698518.
- [126] Fan W X, Yang Y G, Li L N, *et al.* Mass spectrometry-based profiling and imaging strategy, a fit-for-purpose tool for unveiling the transformations of ginsenosides in *Panax notoginseng* during processing [J]. *Phytomedicine*, 2022, 103: 154223.
- [127] 李雨昕, 邢娜, 白浩东, 等. 基于熵权法的灰色关联法-TOPSIS 法对不同产地三七及其炮制品质量的评价研究 [J]. 中草药, 2023, 54(4): 1252-1259.

[责任编辑 赵慧亮]