

• 综 述 •

中药饮片等级量化评价方法研究进展与趋势

钱淼华¹, 张晓勇², 朱 斐³, 梁卫青⁴, 汪 涛⁵, 向 文⁶, 史星云⁷, 冷华南⁸, 贾良权⁹, 姚 冲^{1*}

1. 湖州师范学院附属中心医院 (湖州市中心医院), 浙江 湖州 313000

2. 中国科学院基础医学与肿瘤研究所, 浙江 杭州 310022

3. 浙江省医学科技教育发展中心, 浙江 杭州 310006

4. 浙江省中医药研究院, 浙江 杭州 310007

5. 南京农业大学, 江苏 南京 210095

6. 湖州市食品药品检验研究院, 浙江 湖州 313000

7. 湖州市农业科学研究院, 浙江 湖州 313000

8. 湖州市国有林场, 浙江 湖州 313000

9. 湖州师范学院信息工程学院, 浙江 湖州 313000

摘 要: 中药饮片的质量评价在中药饮片的市场交易与临床应用中具有重要的作用, 其质量直接影响到其临床的作用。为了确保中药饮片的安全性和有效性, 对其进行质量控制方法的探索尤为重要。中药饮片的质量与其理化性质密切相关, 对其进行定性和定量研究是目前中药饮片质量控制的常用手段。而中药饮片的成分复杂, 对其进行质量判定方法的准确性和全面性仍需进一步完善。在前有研究成果的基础上, 通过对近年来中药饮片等级量化评价方法进行系统的整理与总结, 提出了一种基于“形质效”理论的中药等级综合评价方法。该方法结合了中药的外观形态、理化性质和药效等多维度因素, 能够更全面地评估中药饮片的综合质量。为中药饮片质量评价体系的建立提供参考, 同时为后续研究中药饮片的评价方法的研究提供理论基础。

关键词: 中药饮片; 等级; 量化评价; 质量常数法; 形质效; 综合评价法

中图分类号: R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2025)02-0667-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.02.028

Research progress and trend of quantitative evaluation methods of traditional Chinese medicine decoction pieces

QIAN Miaohua¹, ZHANG Xiaoyong², ZHU Fei³, LIANG Weiqing⁴, WANG Tao⁵, XIANG Wen⁶, SHI Xingyun⁷, LENG Huanan⁸, JIA Liangquan⁹, YAO Chong¹

1. Affiliated Central Hospital of Huzhou University (Huzhou Central Hospital), Huzhou 313000, China

2. Institute of Basic Medicine and Cancer, Chinese Academy of Sciences, Hangzhou 310022, China

3. Zhejiang Provincial Center for Medicine Science Technology & Education Development, Hangzhou 310006, China

4. Zhejiang Academy of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310007, China

5. Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

6. Huzhou Institute for Food and Drug Control, Huzhou 313000, China

7. Huzhou Academy of Agricultural Science, Huzhou 313000, China

8. Huzhou Research Institute of Forestry, Huzhou 313000, China

9. School of Information Engineering, Huzhou University, Huzhou 313000, China

收稿日期: 2024-09-05

基金项目: 国家中医药管理局科技司-浙江省中医药管理局共建科技计划项目 (GZY-ZJ-KJ-24050); 浙江省软科学研究计划项目 (2024C25037, 2024C35113, 2024C35128); 浙江省中医药科技计划项目 (2023ZF048); 浙江中医药大学科研项目资助 (2023FSYYZZ17)

作者简介: 钱淼华, 男, 硕士研究生, 研究方向为中药饮片的等级评价。E-mail: 771090713@qq.com

***通信作者:** 姚 冲, 男, 副教授, 硕士生导师, 从事中药质量与临床评价研究。E-mail: ycu@hzhospital.com

Abstract: The quality evaluation of traditional Chinese medicine (TCM) decoction pieces plays a crucial role in both market transactions and clinical applications. The quality of TCM decoction pieces directly affects their clinical efficacy. In order to ensure the safety and effectiveness of these decoction pieces, it is vital to explore methods for quality control. The quality of TCM decoction pieces is closely related to their physicochemical properties, and qualitative and quantitative studies are common approaches for quality control. However, due to the complex composition of these decoction pieces, the accuracy and comprehensiveness of quality assessment methods still need to be further improved. Building on previous research, the article systematically reviews and summarizes the grading and quantitative evaluation methods for TCM decoction pieces in recent years, proposing a comprehensive evaluation method based on the “Shape-Quality-Efficacy” theory. This method integrates multiple factors, including the external morphology, physicochemical properties, and pharmacological efficacy of TCM, providing a more comprehensive evaluation of the overall quality of decoction pieces. It offers a reference for establishing a quality evaluation system for TCM decoction pieces and provides a theoretical foundation for future research on the evaluation methods for TCM decoction pieces.

Key words: traditional Chinese medicine decoction pieces; grade; quantitative evaluation; mass constant method; shape-quality-efficacy; comprehensive evaluation method

中药饮片是中医临床诊疗的主要应用手段之一,饮片质量直接影响中医疗效。2023 年国务院《中医药振兴发展重大工程实施方案》中明确提出要提升中药饮片质量,推动中药产业高质量发展。在市场流通中,中药饮片具有商品属性,其质量决定价格,将不同等级的中药进行分档议价,让高质量的中药得到相应的价格,既有利于保障药农的利益,提高农户的生产积极性,自发地提高生产中药的质量,也有利于消费者根据价格直观地判断中药的质量,选择适合自己的中药。因此,等级评价既能促进产业持续健康发展,又能确保中医良好的疗效。但是现阶段中药饮片等级量化评价研究仍在探索阶段,《中国药典》2020 年版和各省、自治区、直辖市的中药饮片炮制规范及标准仅规定了中药饮片的合格标准,对等级优劣并无界定。我国在 2018 年出台了 226 种《中药材商品规格等级》团体标准,而中药饮片仅推出 1 个《西红花质量等级》团体标准,可见对于中药饮片的等级评价研究尚缺少科学、可靠、公认的量化评价方法。故本研究对目前已开展的中药饮片评价和标准研究进行综述,为我国中药饮片的等级评价研究提供方法学参考。

1 中药商品等级评价演变及现状

“看货评级、分档议价”是中药传统质量等级评价标准,等级评价最早见于西汉《范子计然》,其涉及药材商品 89 种,包括有标准的优质品 39 种、分规格 6 种、分等级 4 种,但多以颜色为评价依据^[1]。自古以来,中药材质量优劣是从中医临床长期实践经验中总结而来的^[2]。南北朝隋唐时期,以《本草经集注》《新修本草》《千金翼方》为代表的著作中等级评价以临床疗效为指标,为后期中药等级划分

奠定了基础^[3],古代中医在治病救人的过程中,形成了对不同产地药材疗效好坏的判断,即道地性。道地性也是中药等级划分的雏形,如《本草经集注》中言“鬼臼,生山谷,八月采,阴干。又似钩吻。今马目毒公如黄精,根臼处似马眼而柔润;鬼臼似射干、术辈。有两种:出钱塘、近道者,味甘,上有丛毛,最胜;出会稽、吴兴者,乃大,味苦,无从毛,不如,略乃相似而乖异毒公。今方家多用鬼臼,少用毒公,不知此那复顿尔乖越也”。宋金元时期《经史证类备急本草》《本草图经》《汤液本草》等在其基础上又扩充了产区和真伪鉴别。到明清时期中药等级体系趋向成熟,《本草蒙筌》载药 448 种,其中有优劣评价的药材 113 种^[4];《本草纲目》已根据外观形状和产地标记制定了“为胜”“为良”“为佳”和“第一”几种等级,除产地外,中药等级评价依据已包含颜色、质地、断面、气味等性状特征^[5]。

新中国成立后,卫生部、国家中医药管理局等颁布了 3 个中药材商品规格等级标准:《36 种药材商品规格标准》《54 种药材商品规格标准》《76 种药材商品规格标准》。随着《药品管理法》的制定,原先的药材规格等级标准逐渐淡出人们的视野。直至 2018 年,中华中医药学会发布了《中药材商品规格等级》的团体标准后,等级评价才重新成为中药研究领域的热点。然而,颁布的 4 个标准均是针对中药材制定的,对中药饮片质量等级区分未见官方标准。

中药饮片直接用于临床。当今,对中药饮片分级评价方法的传统思路以“辨状论质”为主,该方法简便易行,但是受经验和主观性影响较大^[6]。如防风香豆素类成分主要积累在韧皮部,相比株长、芦下直径长度等传统外观性状,饮片木质部韧皮部

比例才是防风等级划分的重要依据^[7]。现代分析仪器、方法的不断迭代,以指标成分含量划分中药饮片质量等级具有一定科学性,但单一或少数化学成分难以全面划分中药饮片的等级,如牡丹皮、白芍、亳芍等中药成分含量与等级间未见显著相关^[8-10],寻找特异性的化学指标来揭示成分与饮片等级的关联性也较为困难。除了传统经验鉴别和药效物质定量分析外,以道地性的产地区分及生物药效依据也是中药饮片等级评价研究的热点^[10-14],但因可操作性差或共性无法代表个性等原因,未见广泛应用。可见,开展体系的、标准的等级量化评价研究仍存在诸多问题,亟需要有创新、开放的研究理念和方法。

2 中药饮片等级量化常用的评价方法

2.1 基于感官性状

2.1.1 传统经验鉴别法 中药饮片传统鉴别往往以色泽、质地、气味、厚度、长度等为指标,是中药行业漫长历史的经验总结^[15]。谢宗万教授在总结前人经验的基础上提出了“辨状论质”的观点,观其色、感其形、闻其气、品其味方可知其质而辨其真伪。传统经验鉴别方法用于白芷^[16]、赤芍^[17]、牛膝^[18]、丹参^[19]、黄芩^[20]、仙茅^[21]、僵蚕^[22]、蜈蚣^[23]等中药饮片的等级划分,虽然存在主观性强、客观依据不足等缺点,但其高效简便的特点使其能够快速判断中药的质量等级,在中药的生产鉴别中起着不可替代的作用。

2.1.2 德尔菲法 德尔菲法是通过遴选中药饮片规格等级评价领域权威专家,让专家根据自己的经验对饮片等级进行判定,最后将所有评价汇总形成最终判断的一种传统评价方法^[24]。德尔菲法广泛用于山药、栀子、白术、鹿茸、黄连、大黄^[25-30]等药材商品等级评价研究,且具有代表性和权威性。德尔菲法具备群体决策属性,避免了个体偏倚,在中药饮片传统感官评价中是一种快速、有效的研究方法。

2.1.3 仿生技术法 传统经验鉴别往往依赖于人的感官判断,导致评价的主观性和经验性较强。而近代逐渐发展的仿生技术为解决这一问题提供了方法。仿生技术模仿人的感官对中药饮片的形、色、气、味进行判断并将结果数字化,使判断的结果更加准确而客观。(1) 基于电子鼻的气味评价:电子鼻能够快速、准确且低成本地对中药饮片的气味进行采集和分析,近年来已用于中药饮片的质量鉴

定、等级评价、真伪鉴别、产地区分等领域中。(2) 基于电子舌的味道评价:电子舌将不同味道转化为电信号,定性定量地分析各种味道指标^[31-32]。近年来常用电子舌代替人工对中药的味道进行判断。

(3) 基于电子眼的色泽评价:电子眼是基于仿生分析复杂非均质样品的视觉信息来模拟人眼感知,将中药饮片颜色指标数字化,现已在中药饮片质量评价研究中应用。表 1 列出仿生技术在中药饮片等级评价研究中的主要应用。

2.2 基于物质成分

2.2.1 《中国药典》2020 年版【含量测定】指标评价法 《中国药典》2020 年版是我国中药质量评价的依据,对大部分中药的水分、总灰分、重金属及有害元素、其他有机氯类农药残留量和有效成分的含量做出了规定,如黄芪中水分不得超过 10.0%;总灰分不得超过 5.0%;铅、镉、砷、汞、铜、五氯硝基苯分别不得超过 5、1、2、0.2、20、0.1 mg/kg;含黄芪甲苷($C_{41}H_{88}O_{14}$)不得少于 0.080%。这些标准为市场饮片的质量评判提供了依据,保证了中药饮片的安全有效。

但是《中国药典》2020 年版仅为中药饮片质量的合格与否做出了判断,并没有为中药饮片划分等级做出依据。使医疗机构对饮片只辨真伪不分优劣,不同质量的饮片价格相同,优质饮片价值被掩埋,不利于中药饮片质量的提高。因此,饮片部分亟需完善等级评价方法。

2.2.2 质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 评价法 2016 年,刘昌孝院士^[46]提出了中药 Q-Marker 的概念。中药 Q-Marker 遵循 5 个原则:溯源与传递、特有性、可测性、有效性和处方配伍。现在中药 Q-Marker 研究提出了“性-效-物”三元论确立 Q-Marker 的方法,突破了“物质-药效”二元论的局限,完善了 Q-Marker 的科学内涵。中药 Q-Marker 承上启下的作用^[47-48],对于中药产业质量评价体系的建立至关重要。当前,中药 Q-Marker 已用于中药的各个领域,是中药质量评价的重要手段。

2.2.3 指纹图谱评价法 中药成分多样、组成复杂,仅对单一成分检测无法准确评价中药饮片质量。指纹图谱则借助波谱、色谱等技术,根据光谱或色谱图来映射中药中成分、含量整体情况,并结合化学计量学的方法对数据进行处理和分析,实现对中药等级的分类鉴别。指纹图谱通常与相似度、聚类、主成分分析等相结合。

表 1 仿生技术在中药等级评价中的应用

Table 1 Application of bionics technology in grade evaluation of traditional Chinese medicine

技术方法	饮片名称	研究方法	量化模型	文献
电子鼻	黄连	a+b+c+①+②+③+⑤	a+④	33
	三七粉	a+⑥	a+⑦	34
	黑顺片	a+⑥+⑧	a+⑥	35
	鹿茸	a+⑧+⑨+⑩	/	36
	金银花	a+c+③+⑥	a+⑥	37
	玛咖	a+⑪	a+⑪	38
	白术	a+b+⑧+⑩	a+⑧/⑩	39
电子舌	黄连	b+①	/	40
	黄连	b+c+①+④+⑤	b+④	41
	三七	b+①+⑥+⑧	b+⑥	42
电子眼	丹参	c+①	c	43
	黄芩粉	c+①	c	44
	五味子	c+①+⑤+⑧	c	45
	枸杞子	c+⑤	c+⑤	14

a-电子鼻; b-电子舌; c-电子眼; ①-相关性分析; ②-灰色关联分析; ③-正交偏最小二乘判别分析; ④-偏最小二乘法判别分析; ⑤-聚类分析; ⑥-判别因子分析; ⑦-统计质量控制; ⑧-主成分分析; ⑨-贡献率分析; ⑩-线性判别分析; ⑪-软独立建模分析。
a-electronic nose; b-electronic tongue; c-electronic eye; ①-correlation analysis; ②-grey relation analysis; ③-orthogonal partial least squares discriminant analysis; ④-partial least squares discriminant analysis; ⑤-cluster analysis; ⑥-dynamic factor analysis; ⑦-statistical quality control; ⑧-principal components analysis; ⑨-loadings; ⑩-linear discriminant analysis; ⑪-Simca.

2.2.4 其他检测方法 除了基于化学成分的中药饮片等级评价方法外,国内外研究者还开展了对于中药饮片重金属元素、浸出物、灰分、水分等成分的质量等级评价方法的探索^[49-53]。在检测技术方法上,电感耦合等离子体质谱、近红外光谱、X-衍射技术在中药饮片等级量化评价中也有应用^[49,54-55]。表 2 列出了基于物质成分在中药饮片等级评价研究中的主要文献。

2.3 基于生物活性

传统的等级鉴别经验是基于临床疗效对中药质量的固化及映射。因此,中药饮片质量等级量化评价,仍绕不开对生物活性的价值。杜洪志等^[76]开展了基于腹泻模型药效学试验的白术饮片等级研究,楚笑辉等^[77]比较了枸杞子抗氧化生物效价与商品等级的关联性。由于生物活性评价方法的操作复杂且可重复性差等原因,仅依靠该方法划分中药饮片等级的研究并不多,目前多以联合物质成分、外观性状共同建立综合评价方法。

3 中药饮片等级量化综合评价方法

3.1 质量常数法

中国中医科学院刘安团队提出了基于中药外观性状与内在活性成分含量的质量常数等级评价方法,以中药中活性成分为内在质量指标(M)与其饮片外观性状参数(h)平方之比计算中药饮片的质量常数(A)^[78],根据质量常数的数值对饮片质量进行等级评价的综合性方法。常根据最大的质量常数计算其余样品的百分质量常数(A%),将A%>80%的样本归为一等,50%~80%的归为二等,<80%的归为三等,见表 3。对于部分根及根茎类的中药,增加浸出物指标,构建相对质量常数和复合质量常数,质量常数法在中药饮片等级量化评价研究见表 3。

3.2 感官性状-物质成分关联评价
与质量常数法不同,感官性状-物质成分评价分析方法多样,文献报道有采用相关性分析、聚类分析、主成分分析(principal component analysis, PCA)、偏最小二乘法(partial least squares, PLS)等量化方法^[96-104];感官性状参数有一定特异性,如根类饮片多采用颜色指标(防风^[97]、川白芷^[101])和直径指标(丹参^[98]、防风);皮类饮片采用厚度指标(厚朴^[103]);草类饮片多采用茎、叶的颜色和长度指标(穿心莲^[100]、广金钱草^[104]);种子类饮片采用单位颗粒数指标(薏苡仁^[99])。该方法综合了中药饮片外观和成分 2 个维度对饮片等级进行量化评价,较质量常数法在参数选择和分析方法上更具有灵活性,是基于质量并结合性状的综合评价方法。

3.3 物质成分-生物活性关联评价

生物活性是评价中药饮片质量优劣的最终验

表 2 物质成分检测在中药等级评价中的应用
Table 2 Application of material composition analysis in grades evaluation of traditional Chinese medicine

技术方法	饮片	测定指标	量化模型	文献	
《中国药典》【含量】指标成分	青翘	挥发油、连翘苷、连翘酯苷 A	⑥	56	
	连翘	连翘苷、连翘酯苷 A	⑩	57	
	亳白芍	芍药苷	/	8	
	黄芪	黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷	/	58	
	黄芪	黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷	/	59	
	Q-Marker	酒川芎	阿魏酸、洋川芎内酯 A、藁本内酯	⑪	60
		鹿茸	羟脯氨酸、硫酸软骨素、 γ 氨基丁酸	/	61
		白芍	没食子酸、芍药内酯苷、芍药苷、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖、苯甲酰芍药苷	⑤+⑧	10
		黄芪	黄芪甲苷、毛蕊异黄酮葡萄糖苷、毛蕊异黄酮、芒柄花苷和芒柄花素	①	62
	黄柏	盐酸小檗碱、盐酸黄柏碱、木兰花碱	/	63	
指纹图谱	土茯苓	9 个共有峰	⑤+③+⑧	64	
	丹参	12 个共有峰	③+⑧	65	
	甘草	11 个共有峰	⑤+③+⑦+⑧	66	
	白芷	9 个共有峰	⑨	67	
	黄柏炭	9 个共有峰	⑧	68	
	麸炒薏苡仁	7 个共有峰	⑤+⑧+⑨	69	
	制远志	5 个共有峰	①+④	70	
	川芎	13 个共有峰	⑤	71	
	黄柏	10 个共有峰	⑨	72	
	黄芪	6 个共有峰	⑨	73	
	鹿茸	6 个共有峰	③+⑧	74	
	金银花	28 个共有峰	⑤+⑧+④	75	
	电感耦合等离子体质谱法	牛膝	重金属	/	49
	浸出物测定法	太子参	醇溶性浸出物、水溶性冷浸物、挥发性醚浸出物	⑤+③+⑧	50
		西红花	西红花苷 I、西红花苷 II、醇浸出物、水浸出物、总灰分、酸不溶性灰分、干燥失重	②	51
		麻黄	麻黄碱和伪麻黄碱，浸出物、灰分、水分	⑤+⑧+④	52
		黄柏炭	总灰分、醇溶性浸出物以及黄柏碱、小檗碱、小檗碱的含量	⑫	53
近红外光谱法	醋香附	近红外光谱信息	⑬	54	
X-衍射法	石膏	主要成分含量、微量元素含量、X-衍射专属特征峰	/	55	

①-相关性分析; ②-灰色关联分析; ③-正交偏最小二乘法-判别分析; ④-偏最小二乘法判别分析; ⑤-聚类分析; ⑥-K-均值聚类; ⑦-模糊物元分析法; ⑧-主成分分析; ⑨-相似度分析; ⑩-分布直方图; ⑪-四分位数; ⑫-最低限度法; ⑬-遗传神经网络算法。
①-correlation analysis; ②-grey relation analysis; ③-orthogonal partial least squares discriminant analysis; ④-partial least squares discriminant analysis; ⑤-cluster analysis; ⑥-K-means; ⑦-fuzzy matter-element method; ⑧-principal components analysis; ⑨-analysis of similarities; ⑩-histogram; ⑪-quartile; ⑫-minimum law; ⑬-genetic algorithms and backpropagation neural network.

证指标，但是因中药成分复杂性，且每个中药饮片无法用简单的 1 个或几个生物活性指标来完整评价。目前的物质成分-生物活性评价方法常用于活血祛瘀类中药饮片，将凝血酶时间作为体外活性指标，如桃仁^[105]、红花^[106]、丹参^[107]。该方法在物质成分指标选择上多选用 Q-Marker^[106-108]，在量化评

价方法上多采用 Logistic 回归模型^[105-109]。该方法基于中药饮片成分和生物活性 2 个维度，是一种质量结合功效的综合评价方法。
3.4 感官性状-Q-Marker-生物效应关联评价
秦宇雯等^[110]提出基于“性状-Q-Marker-生物效应”的中药饮片质量评价体系，通过结合电子检测、

表 3 中药饮片质量常数法汇总

Table 3 Summary of pieces quality constant methods for traditional Chinese medicine decoction

评价方法	饮片名称	指标参数类型	质量常数	等级划分			文献
				一等	二等	三等	
质量常数	烫狗脊	a+b	0.06~0.91	$A \geq 0.73$	$0.73 > A \geq 0.46$	$A < 0.46$	78
	巴戟天	a+b	81~303	$A \geq 242.40$	$242.40 > A \geq 151.50$	$A < 151.50$	78
	防己	a+b	5.31~23.44	$A \geq 18.75$	$18.75 > A \geq 11.72$	$A < 11.72$	79
	栀子	a+b	1.46~4.42	$A \geq 3.54$	$3.54 > A \geq 2.21$	$A < 2.21$	79
	川射干	a+b	12.46~56.28	$A \geq 1.66$	$45.46 > A \geq 28.41$	$A < 1.04$	80
	盐泽泻（樟帮）	a+b	1.61~3.61	$A \geq 2.89$	$2.89 > A \geq 1.81$	$A < 1.81$	81
	盐泽泻	a+b	1.50~3.62	$A \geq 2.90$	$2.90 > A \geq 1.81$	$A < 1.81$	81
	青风藤	a+b	1.83~8.49	$A \geq 6.8$	$6.8 > A \geq 4.25$	$A < 4.25$	80
	天麻	a+b	144.43~965.42	$A \geq 772.34$	$772.34 > A \geq 482.71$	$A < 482.71$	79
	乌药	a+b	27.42~176.08	$A \geq 140.86$	$140.86 > A \geq 88.04$	$A < 88.04$	80
	山楂	a+b	14.88~68.74	$A \geq 54.99$	$54.99 > A \geq 34.37$	$A < 34.37$	82
	青皮	a+b	24.00~50.94	$A \geq 40.75$	$40.75 > A \geq 25.47$	$A < 25.47$	79
	牡丹皮	a+b	0.98~2.01	$A \geq 1.56$	$1.56 > A \geq 1.12$	$A < 1.12$	83
	牡丹皮	a+b	0.90~3.50	$A \geq 1.56$	$1.56 > A \geq 1.12$	$A < 1.12$	84
	苦参	a+b	13.56~42.77	$A \geq 34.22$	$34.22 > A \geq 21.39$	$A < 21.39$	85
	白芷	a+b	0.41~2.5	$A \geq 2.00$	$2.00 > A \geq 1.25$	$A < 1.25$	80
	白头翁	a+b	0.99~8.23	$A \geq 6.58$	$6.58 > A \geq 4.12$	$A < 4.12$	78
	桂枝	a+b	0.85~28.11	$A \geq 22.49$	$22.49 > A \geq 14.01$	$A < 14.01$	86
	麸炒苍术	a+b	0.92~3.37	$A \geq 2.70$	$2.70 > A \geq 1.69$	$A < 1.69$	87
	川木香	a+b	7.75~28.84	$A \geq 23.07$	$23.07 > A \geq 14.42$	$A < 14.42$	80
	续断	a+b	0.012 9~0.079 6	$A \geq 0.063 7$	$0.063 7 > A \geq 0.039 8$	$A < 0.039 8$	88
	姜黄	a+b	443.01~1 627.57	$A \geq 1 302.06$	$1 302.06 > A \geq 813.79$	$A < 813.79$	79
	川芎	a+b+切制工艺	1.12~3.07	$A \geq 2.46$	$2.46 > A \geq 1.54$	$A < 1.54$	79
相对质量常数	西洋参	a+b	0.318~1.037	$A \geq 0.830$	$0.830 > A \geq 0.519$	$A < 0.519$	88
	黄芪	a+b+c+水煎液电导率	4.38~58.22	$A \geq 34.932$	$34.932 > A \geq 17.466$	$A < 17.466$	89
	盐黄柏	a+b	0.45~1.13	$A \geq 0.76$	$0.76 > A \geq 0.57$	$A < 0.57$	90
	木香	a+b	8.603~19.461	$A \geq 15.568$	$15.568 > A \geq 9.730$	$A < 9.730$	88
	艾叶	出绒量+b	2.04~6.49	$A \geq 5.19$	$5.19 > A \geq 3.24$	$A < 3.24$	91
复合质量常数	厚朴	a+b+c	4.146~6.939	$A \geq 5.4$	$5.4 > A \geq 4.5$	$A < 4.5$	92
	北柴胡	a+b+c	1.616~8.414	$A \geq 7.871$	$7.871 > A \geq 5.602$	$A < 5.602$	93
主客观组合赋权+质量常数	酒黄连	a+b	10.03~26.96	$A \geq 21.57$	$21.57 > A \geq 13.48$	$A < 13.48$	94
复合质量常数结合色度指标	甘草	a+b+c	3.29~14.89	$A \geq 12.93$	$12.93 > A \geq 11.39$	$A < 11.39$	95

a-外观性状指标；b-内在质量指标-化合物；c-内在指标-浸出物。
a-appearance characteristics indicators; b-intrinsic quality indicators-compounds; c-intrinsic indicators-extractives.

色谱质谱联用技术、多效应生物评价等关键技术来建立快速、客观、有效的中药饮片质量评价方法和标准，达到整体综合地评价中药饮片的效果。杨冬平等^[11]采用网络药理学研究策略，深入剖析了枸杞子功效所关联的生物活性与化学成分，针对枸杞子特性进行“生物-化学”“化学-形性”及“化学-化

学”的多维度相关性分析，筛选出枸杞子等级划分的核心指标，构建基于“生物-化学-形性”，符合中药饮片整体性和独特性的高质量识别技术，为枸杞子的质量评价与等级划分提供了科学依据。

3.5 经验-成分-活性-电子感官

李明利^[112]提出了基于“经验-成分-活性-电子感

官”的中药饮片质量综合评价体系，旨在构建以经验评价为核心、以可真实反映经验鉴别的化学成分为内涵、以生物效应评价为支撑、以电子感官评价为出口的中药饮片综合评价方法。该方法与“感官性状-Q-Marker-生物效应”评价方法的区别在于：其将传统的经验评价同仿生技术手段有机结合作为中药饮片等级评价的感官性状综合参数。并通过三七饮片进行了方法学探索，从传统经验评价、斑马鱼活性效应、代谢组差异成分、仿生电子感官多角度验证了该中药饮片质量评价体系，拓展了“感官性状-物质成分-生物活性”量化维度，使得对中药饮片质量的评价更加完整和全面，为制定传统经验评价与现代科技深度融合的中药饮片质量标准提供了新的思路。

3.6 数学模型法

数学模型法是一种利用数学和计算机手段，结合中药饮片的化学成分、物理特性、生物活性等多维成分，通过 PLS、PCA 和支持向量机等模型，实现中药饮片质量控制的标准化和智能化的方法。崔丹丹等^[100]以 PLS 回归分析法建立穿心莲饮片规格等级的预测方程：饮片等级 (Y) = $3.726 - 0.015 \times$ 叶含量 $- 0.900 \times$ 穿心莲内酯含量 $- 1.546 \times$ 新穿心莲内酯含量 $- 0.639 \times$ 脱水穿心莲内酯含量 $- 0.428 \times$ 4 个内酯总含量 $- 0.054 \times$ 醇溶性浸出物含量 $+ 0.096 \times$ 杂质含量 $+ 0.040 \times$ 茎颜色 $+ 0.023 \times$ 叶颜色， $Y = 0.5 \sim 1.4$ ，则预测穿心莲饮片为一等品，若 $Y = 1.5 \sim 2.4$ ，则预测为合格品。此外，GA-BPNN 近年来在中药饮片等级划分中有所应用，邱丽媛等^[54]利用 GA-BPNN 将等级划分、 α -香附酮含量、香附烯酮含量分别与醋香附近红外光谱信息进行拟合，建立等级预测模型。数学模型法将中药直观鉴别或物质成分表征定量建模，实现中药饮片质量等级区间的客观评价。

3.7 中药质量综合评价指数法

中药质量综合评价指数法通过赋予不同成分以权重系数，反映其对样品质量的贡献，再通过加权计算得出综合评价指数，以量化中药质量等级。白钢等^[113]针对当归开展质量综合评价指数研究，测定水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物、挥发油及阿魏酸含量 6 项指标，通过偏离度计算及权重分配优化，构建当归质量的综合评价指数。荆文光等^[102]选取厚朴饮片平均厚度、粉末颜色、挥发油中的 β -桉叶醇成分及厚朴酚、和厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚

含量 6 项指标，利用三角形面积法构建综合评价指数，并据该指数对厚朴饮片等级划分。

综合评价指数通过将多个指标汇总成 1 个得分，提供了一种简单而全面的中药评价方法，最后得到概括中药多个方面的简单评价指数，能够快速对中药进行评价，但缺点是可能由于主观因素造成对 1 种或几种成分权重的误判；而 PLS 提供了一种复杂的统计方法，能够建模化学成分与药效之间的关系来预测未知的样品，使用统计学的方法进行建模和验证，保证了结果的准确性，但缺点是对专业知识的要求较高，并且需要较大的数据量。

4 趋势与讨论

4.1 中药饮片等级评价的政策与实践

分档议价、优质优价一直是中药市场的客观运行规律，但中药饮片质量评价体系的不完善是造成中药市场以次充好、以假乱真现象的原因之一。在《“十四五”中医药发展规划》中明确提出要“引导形成以质量为导向的中药饮片市场价格机制”“推动中药产业高质量发展”。2023 年《中医药振兴发展重大工程实施方案》中也强调“完善中药饮片质量标准，保证饮片质量”。浙江省在《推动浙江省中药产业传承创新发展行动方案（2022—2024 年）》中要求完善“浙产中药”标准体系，制定浙江省医疗机构中药饮片验收规格等级标准。2022 年出版《浙江省中药饮片医院验收质控手册》，从外观现状上对临床常用 273 个品种、359 个炮制品区分了规格等级，但仅有 8 个品种细分至 1~3 等品。原因一方面是中药本身的复杂性，另一方面是缺乏统一标准，中药材质量评价体系的建立已非易事，中药饮片质量等级量化评价工作也仅处在逐步完善的阶段。

4.2 推动中药饮片的优质优价是等级评价研究的最终目标

中药饮片在临床治疗中的核心目标是实现治病救人，而达成这一目标的关键在于中药饮片质量优劣。中药饮片质量影响因素复杂，涉及种植、加工、生产各个环节，影响因素包括种质、播种、收获、加工工艺、真伪鉴别、质量标准评价控制、包装和储存等方面^[114]。从中药饮片全链条维度来看，大致可把控 3 个重要阶段，即前段中药的道地性，中段中药全过程的可控性，及末段中药饮片质检的优劣性。目前从国家到地方层面均在发布道地药材目录，特别是《道地药材标准汇编》的出版，有助

于明确中药饮片的道地产区。在中药全过程管理方面,中国中药协会搭建“中药质量追溯系统”,并制订中药追溯系列标准。贵州、陕西等地也搭建区域内中药材全产业追溯平台,浙江、上海还将中药追溯链延伸至医疗机构端,真正实现种植到消费者的产业闭环,达到中药饮片过程质量可控。但是在末端质检上,《中国药典》2020 年版和各省《中药炮制规范》仅有合格标准,中药饮片质量等级细分也仅有少部分省市进行了尝试,探索中药饮片等级评价是区分饮片质量差异的关键。

中药饮片开展质量等级评价研究是确保中药质量,实现按质论价的市场规律,促成中药产业优胜劣汰良性发展运行的重要环节。通过中药饮片等级评价可优化中药饮片资源配置,促进一等或优等饮片流向卫生医疗用途,中低等级饮片流向食品、保健品、饲料、兽药等行业。此外,还可保护消费者的健康权益,避免因中药饮片质量问题而引发的安全隐患,满足患者对中药饮片质量的知情权。最终达到确保中药饮片质量安全,推动中药饮片行业规范化、标准化发展的目的。

此外,优质优价政策与等级评价相互促进中药饮片质量的提升。一方面,等级评价体系可激励生产企业提高饮片质量;另一方面,优质优价政策保障优质饮片的市场地位和经济利益,激发生产企业提高饮片质量的积极性。因此,中药饮片等级评价为中药优质优价提供了基础依据,为优质优价政策的实施提供了科学依据。同时,优质优价政策也促进了中药饮片等级评价体系的完善和可持续发展。

4.3 多维度综合评价是等级评价的方向

本研究将国内外对中药饮片等级评价研究综述后发现,中药材或中药饮片等级量化评价的基础维度集中在感官性状、物质成分和生物活性 3 个方面。但是,仅靠单一维度的评价方法往往无法有效的区分出饮片等级,多维度的评价方法能弥补其不足,如质量常数法、生物活性-Q-Marker 关联评价法、性状-Q-Marker-生物效应关联评价法、经验-成分-活性-电子感官关联评价法均可实现对某一种或几种特定中药饮片划分出等级,见图 1。其中一种底色代表一种基础方法,多种颜色的组合代表使用几种基础方法的组合从多个方面对中药进行评价的多维度方法。可见多维度综合评价方法较单一维度具有适用性强、覆盖面广的优势,但同时也带来检测指标多、操作复杂的矛盾。

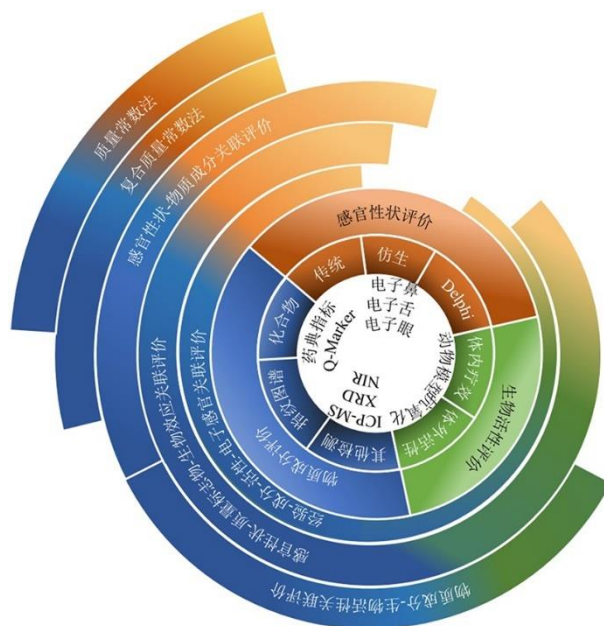


图 1 常见中药饮片等级评价方法的多维视图

Fig. 1 Multidimensional view of common Chinese medicine decoction pieces grade evaluation methods

从中药饮片等级评价策略方法来分析,国内的“二步法”“三步法”在一定程度上能简化操作流程,陈苡然^[115]和仲瑞雪等^[116]在附片、天麻等级量化评价中利用“二步法”鉴别出一级品;并在此基础上增加了更高级的成分指标或结合道地性筛选出优级品。但在中药饮片的外观性状及成分差异不显著时,依旧需要借助生物活性或其他评价方法加以完善评价策略。

基于此,笔者提出可将中药饮片等级评价分为 3 种策略:(1)外观性状与中药饮片的质量等级呈显著相关,即通过外观、形态、质地、感官、性状就可以判定饮片的质量等级;(2)外观性状与其质量的有相关性、但不显著,仅通过外观性状无法准确区分饮片等级,需要结合有生物活性的 Q-Marker 进行等级评价;(3)部分中药饮片的研究不深入(如动物药、矿物药、多糖等大分子中药),没有明确的 Q-Marker,且外观特征参考性不强,这类中药将联合药效对比或生物活性评价等方法进行中药饮片质量等级的区分,见图 2。策略 1 用于等级与外观性状呈显著相关的中药饮片的等级评价,通过中药饮片的外观性状直接判断中药饮片的等级;策略 2 用于结合中药饮片的外观性状与等级并无直接关联或关联不明显的中药饮片的等级评价,通过结合中药饮片的化学成分对中药饮片进行评价;策略 3

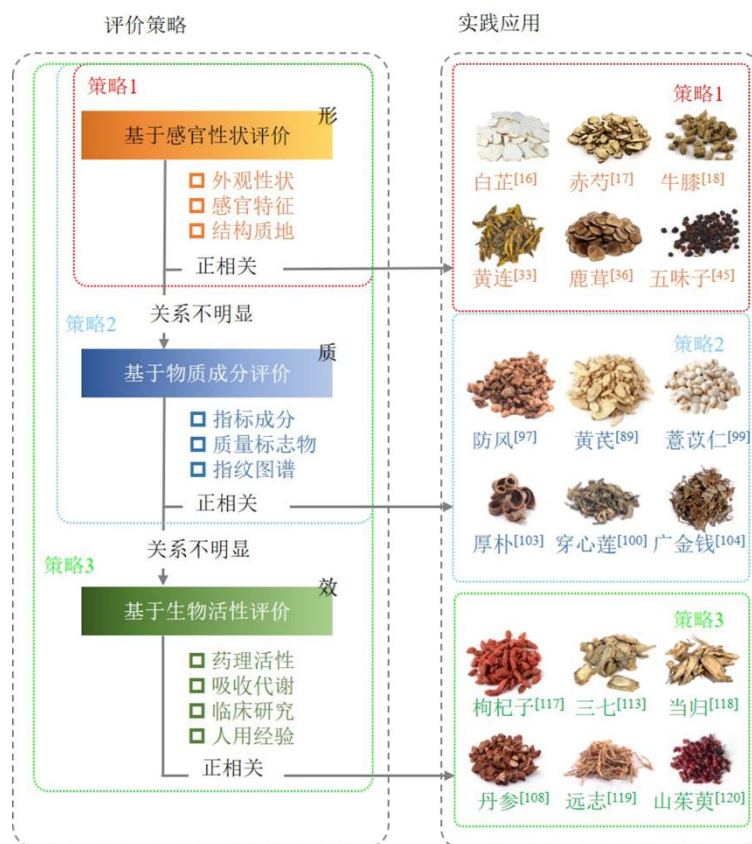


图 2 中药饮片“形质效”等级评价策略示意图

Fig. 2 Schematic diagram of grade evaluation strategy for traditional Chinese medicine decoction pieces based on “shape, quality and efficacy”

用于外观性状不明显且成分含量与等级的关系尚未明确的中药饮片的等级评价，根据临床的药效和生物活性对中药饮片进行评价。

4.4 深度学习模型是中药等级评价的重要工具

本研究分析中药饮片等级评价时，现有研究在区间量化方法学中多采用化学计量学技术，常见为 PCA、PLS、OPLS-DA、二分类 Logistic 回归分析等。随着信息化技术的不断发展，人工智能已紧密融合到各个领域，数据分析方法也在不断演进。Wang 等^[121]在对薏苡仁的产地溯源和成分预测中就运用到了集成深度学习长短期记忆网络模型，该模型组合了注意机制、卷积神经网络和长短期记忆 3 部分，能够精准对地理信息和含量信息进行识别和预判。可见，基于综合维度的中药饮片等级评价指标，结合深度学习模型技术方法，能够给评价体系提供更强的预测能力，同时提高了对数据条件的适应性。将来在深度学习模型结合可视化的机器视觉技术、便携化的近红外光谱技术以及兼顾图像与光谱的高光谱成像技术下，中药饮片的等级量化评价

研究将迈入实时化、便捷化、精确化、集成化融合的新高度。

随着计算机视觉技术的发展，将中药饮片的影像数据导入到目标检测模型（如 YOLO、Fast-RCNN 等）模型中训练后，能够快速地对中药饮片的外观形状做出判断，对于外观与等级正相关的中药饮片，能够通过这种方法简便、快捷地判断中药饮片的质量等级。对于需要化学成分分析的饮片，通过机器学习如随机森林、支持向量机对检测到的化学成分进行数据处理，能够快速、准确地对不同等级的中药饮片进行分类。计算机技术与中药饮片等级评价的结合，显著降低等级评价的工作时间，并且提高了等级评价的准确度，是中药饮片等级评价领域研究的重点方向。

5 结语

构建中药饮片等级量化评价体系是中药饮片质量升级建设的基础与依据，笔者整理了近年来等级量化评价方法文献，发现在技术上始终围绕感官性状、物质成分和生物活性 3 个维度指标，在单一

维度无法有效区分、评价时,多维度综合评价方法是有效的解决手段;化学计量学是量化饮片等级区间的有效数据分析手段,新的深度学习模型可提升评价的准确度。研究团队在此基础上提出基于“形质效”的 3 类饮片等级评价策略,旨在建立一个便捷、有效、适用度高的中药饮片质量评价方法体系。先以形,后以质,再以效,既有传统评价的快捷又兼具质量成分评价和生物活性评价的客观,可为将来开展中药等级量化评价研究提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 唐廷猷. 清人黄奭辑《范子计然》西汉的药材商品手册 [J]. 中国现代中药, 2018, 20(8): 1028-1033.
- [2] 陈佳, 程显隆, 李明华, 等. 中药材及饮片质量等级标准研究思路和方法 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(9): 1847-1852.
- [3] 詹志来, 郭兰萍, 金艳, 等. 中药材品质评价与规格等级的历史沿革 [J]. 中国现代中药, 2017, 19(6): 868-876.
- [4] 陈嘉谟. 本草蒙筌 [M]. 张印生, 韩学杰, 赵慧玲主校. 北京: 中医古籍出版社, 2009.
- [5] 曾敏. 苍术饮片规格及其质量评价标准研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2013.
- [6] 肖玉洁, 赵祥升, 魏建和. 中药“辨状论质”理论的发展与应用 [J]. 药学前沿, 2024, 28(9): 155-169.
- [7] 卢紫瑕, 任晓蕾, 孙国东, 等. 基于外观量化指标结合内在成分探讨栽培防风商品规格等级 [J]. 时珍国医国药, 2022, 33(9): 2285-2288.
- [8] 李芳, 黄卫锋, 汪海斌, 等. 不同等级亳白芍药材及饮片的质量评价研究 [J]. 中国医药导报, 2021, 18(24): 4-7.
- [9] 袁宝金, 高贯彪, 张洪坤, 等. 不同产地牡丹皮规格等级内涵研究 [J]. 安徽农业科学, 2019, 47(21): 179-183.
- [10] 石延榜, 林秀敏, 王胜超, 等. 基于主成分分析-聚类分析法的不同商品规格白芍饮片中 5 种成分比较及质量评价研究 [J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(22): 2708-2714.
- [11] Yin M Z, Yang M, Chu S S, et al. Quality analysis of different specification grades of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* (Huangqi) from Hunyuan, Shanxi [J]. *J AOAC Int*, 2019, 102(3): 734-740.
- [12] An Q, Wang L, Ding X Y, et al. Validation of *Sennae Folium* specification grade classification based on UPLC-Q-TOF/MS spectrum-effect relationship [J]. *Arab J Chem*, 2022, 15(11): 104223.
- [13] Zhan W X, Yang X D, Lu G Q, et al. A rapid quality grade discrimination method for *Gastrodia elata* powder using ATR-FTIR and chemometrics [J]. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 2022, 264: 120189.
- [14] 王丹, 张久旭, 范晶, 等. 基于图像处理技术的枸杞子商品规格等级评价方法研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2020, 22(8): 2817-2823.
- [15] 吴文辉, 王耀登, 冷静. 近 5 年中药饮片商品规格等级的研究进展总结与分析 [J]. 中国现代中药, 2020, 22(11): 1944-1950.
- [16] 王佳琪, 罗婷, 江宇勤, 等. 白芷饮片等级标准初步研究 [J]. 时珍国医国药, 2020, 31(6): 1476-1480.
- [17] 高宾, 郭淑珍, 唐锴. 赤芍的鉴别及等级规格 [J]. 首都食品与医药, 2010, 17(23): 45.
- [18] 高宾, 宋大丽. 牛膝的等级与规格 [J]. 首都医药, 2010, 17(21): 39.
- [19] 李红峰, 于文敏, 高宾. 丹参的炮制加工与规格等级 [J]. 首都医药, 2009(21): 39.
- [20] 黄建萍, 夏泽冰, 井亚江, 等. 基于“辨状论质”理论分析不同采收期黄芩外观性状与内在质量的相关性 [J]. 中草药, 2024, 55(10): 3487-3496.
- [21] 徐荣, 肖承鸿, 周涛, 等. 仙茅商品规格等级标准及质量评价研究 [J]. 中药材, 2019, 42(4): 742-746.
- [22] 杨永泓, 王梅, 蒋孟莲, 等. 僵蚕药材的等级标准研究 [J]. 成都中医药大学学报, 2023, 46(3): 48-56.
- [23] 胡超逸, 森林, 詹志来, 等. 蜈蚣药材商品规格等级标准研究 [J]. 安徽农业科学, 2019, 47(16): 209-211.
- [24] 钱秀玉, 聂黎行, 戴忠, 等. 中药质量等级评价研究进展 [J]. 药物分析杂志, 2019, 39(10): 1721-1737.
- [25] 曹俊岭, 闫沛沛, 张志杰, 等. 基于德尔菲法对山药药材规格等级的评价研究 [J]. 中国药房, 2017, 28(24): 3329-3333.
- [26] 张风波, 罗光明, 苗琦, 等. 基于 Delphi 法在栀子商品规格中感官评价的研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(12): 3036-3037.
- [27] 王浩. 中药白术商品规格等级及其行业标准研究 [D]. 石家庄: 河北医科大学, 2016.
- [28] 李娜, 卢晗滢, 李辉, 等. 基于 Delphi 法对鹿茸药材商品规格的评价研究 [J]. 中成药, 2013, 35(8): 1811-1813.
- [29] 楚笑辉, 王伽伯, 孔维军, 等. 基于 Delphi 法的黄连药材商品规格感官评价的重现性研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2011, 13(2): 321-327.
- [30] 张学儒. 大黄药材商品规格评价与合理用药的研究 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2010.
- [31] 陈倩萍, 谢琦, 李文艳, 等. 中药材及其饮片质量等级标准研究进展与展望 [J]. 上海中医药杂志, 2023, 57(1): 87-95.
- [32] Li X L, Gao X J, Liu R X, et al. Optimization and

- validation of the protocol used to analyze the taste of traditional Chinese medicines using an electronic tongue [J]. *Exp Ther Med*, 2016, 12(5): 2949-2957.
- [33] 冉继春, 吉光见稚代, 秦伟瀚, 等. 石柱产黄连的气味数字化及等级研究 [J]. 华西药学杂志, 2024, 39(1): 58-64.
- [34] 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.
- [35] 汪云伟, 钟恋, 谭茂兰, 等. 基于电子鼻技术的附子(黑顺片)等级及产地的区分研究 [J]. 中成药, 2014, 36(12): 2565-2569.
- [36] 龚伟, 任聪, 马姗姗, 等. 基于电子鼻技术的不同品质鹿茸饮片气味特征分析 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(8): 1707-1711.
- [37] 姚月保, 杨晓芸, 彭莲, 等. 基于仿生识别系统对金银花颜色与“气”的鉴别研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2020, 22(4): 1270-1277.
- [38] 党艳婷, 苑鹏, 夏凯, 等. 基于气味指纹图谱的玛咖品质快速鉴定方法 [J]. 食品科学, 2018, 39(6): 291-297.
- [39] 梅桂林, 陈娜, 姚洁, 等. 基于电子鼻、电子舌技术的白术药材等级鉴别研究 [J]. 广州化工, 2020, 48(21): 76-78.
- [40] 张明智, 潘海金, 梁维维, 等. 不同等级黄连饮片味觉信息表征及其与总生物碱的相关性 [J]. 西南科技大学学报, 2017, 32(3): 99-102.
- [41] 冉继春, 秦伟瀚, 谭春斌, 等. 石柱单枝连“形、色、味、量”等级评价研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(10): 1755-1763.
- [42] 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.
- [43] 尉广飞, 李佳, 刘谦, 等. 丹参根部颜色及其与活性成分含量的相关性研究 [J]. 山东农业科学, 2015, 47(8): 59-62.
- [44] 袁杰, 李钺, 周利, 等. 基于超高效液相色谱法和色差仪法的黄芩药材质量评价 [J]. 世界中医药, 2019, 14(11): 2849-2854.
- [45] 刘小康, 贡济宇, 蔡广知, 等. 五味子商品规格等级及其质量评价 [J]. 医药导报, 2021, 40(9): 1247-1252.
- [46] 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.
- [47] 刘昌孝. 中药质量标志物 (Q-Marker) 研究发展的 5 年回顾 [J]. 中草药, 2021, 52(9): 2511-2518.
- [48] 彭任, 陆兔林, 胡立宏, 等. 中药饮片质量标志物 (Q-Marker) 研究进展 [J]. 中草药, 2020, 51(10): 2603-2610.
- [49] 张慧, 闫梦真, 张振凌, 等. 牛膝不同炮制方法不同商品等级饮片有害残留物含量比较 [J]. 中医药导报, 2021, 27(9): 86-90.
- [50] 韩金芮, 王慧娟, 支青, 等. PCA-HCA-OPLS 联合建立太子参内在品质等级评价模型 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(7): 1745-1748.
- [51] 孙振阳, 张景珍, 王思雨, 等. 基于灰色关联度法评价西红花饮片质量 [J]. 中成药, 2019, 41(10): 2430-2434.
- [52] 毛睿, 刘亚男, 李丽红, 等. 麻黄饮片等级质量标准研究 [J]. 天津中医药大学学报, 2019, 38(3): 274-278.
- [53] 罗婷, 王佳琪, 范顺明, 等. 黄柏炭饮片等级的质量标准研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(10): 1241-1245.
- [54] 邱丽媛, 梁泽华, 吴鑫雨, 等. 基于模式识别和遗传神经网络算法的醋香附近红外光谱等级评价和含量预测模型研究 [J]. 中草药, 2021, 52(13): 3818-3830.
- [55] 孙晓静, 杨柳, 邹骥, 等. 石膏饮片分级的研究 [J]. 中国药师, 2016, 19(3): 491-494.
- [56] 韦智江, 任晓红, 张烨, 等. 青翘质量等级标准研究 [J]. 中国药房, 2022, 33(7): 842-847.
- [57] 李婷, 李石飞, 雷振宏, 等. 连翘药材商品规格等级标准研究 [J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2019, 42(3): 619-627.
- [58] 曹庆伟. 基于化学成分的仿野生黄芪质量标准研究 [D]. 太原: 山西大学, 2019.
- [59] 牛倩芸, 万燕晴, 李震宇, 等. 不同商品等级黄芪质量评价研究 [J]. 中药材, 2015, 38(6): 1186-1190.
- [60] 汤依娜, 周涛, 郭俊霞, 等. 川芎及酒川芎饮片综合质量评价标准的建立及商品规格等级的评价 [J]. 华西药学杂志, 2021, 36(4): 401-409.
- [61] 宫瑞泽, 陆雨顺, 张磊, 等. 基于中药质量标志物 (Q-Marker) 的鹿茸质量控制标准体系构建 [J]. 中草药, 2021, 52(9): 2851-2862.
- [62] 尚兴朴, 欧阳罗丹, 肖苏萍, 等. 黄芪饮片质量评价和分级标准探讨 [J]. 中国现代中药, 2020, 22(5): 772-779.
- [63] 吴珊珊, 胡麟, 龚晓猛, 等. HPLC 法同时测定不同等级黄柏饮片中多指标成分的含量 [J]. 中国药房, 2016, 27(15): 2135-2137.
- [64] 向雪皎, 马天翔, 杨燕梅, 等. 基于 HPLC 指纹图谱及化学计量学对土茯苓饮片质量的评价 [J]. 中兽医医药杂志, 2022, 41(6): 31-35.
- [65] 周仔莉, 李鹏, 陈雪琴, 等. 基于多指标成分分析及化学计量学的丹参道地性与饮片等级评价研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2023, 37(1): 56-63.
- [66] 张育贵, 宋沁洁, 李国峰, 等. 基于高效液相色谱指纹图谱、模糊物元法、多指标定量与化学计量学的市售甘草饮片质量评价 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(5):

- 2584-2592.
- [67] 王佳琪, 江宇勤, 罗婷, 等. 不同等级白芷饮片 HPLC 指纹图谱 [J]. 中成药, 2019, 41(12): 2964-2969.
- [68] 罗婷, 王佳琪, 江宇勤, 等. 不同等级黄柏炭饮片的 HPLC 指纹图谱分析 [J]. 时珍国医国药, 2019, 30(12): 2904-2906.
- [69] 许平翠, 寿旦, 吴人杰, 等. 基于 HPLC 指纹图谱聚类分析和主成分分析的麸炒薏苡仁饮片质量评价方法 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(12): 5683-5686.
- [70] 姜雨彤, 高照, 乐智勇, 等. 不同等级制远志饮片的质量分析 [J]. 药学报, 2019, 54(6): 1082-1087.
- [71] 吕非非, 胡昌江, 吴珊珊, 等. 基于 HPLC 指纹图谱及多指标成分的川芎饮片等级研究 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(5): 1194-1196.
- [72] 高源, 胡昌江, 吴珊珊, 等. 基于 HPLC 指纹图谱及多指标成分对黄柏饮片的等级研究 [J]. 中成药, 2012, 34(12): 2395-2399.
- [73] 钟荣荣, 李默影, 肖苏萍, 等. 不同产地黄芪药材和饮片的 HPLC-DAD-ELSD 指纹图谱分析 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(4): 632-637.
- [74] 孙伟杰, 吕程, 杨重晖, 等. 基于指纹图谱和多指标定量测定的鹿茸饮片质量控制研究 [J]. 中草药, 2019, 50(22): 5448-5454.
- [75] 郝培君, 张林祥, 靳婉君, 等. 基于 HPLC 指纹图谱与指标性成分结合多元统计学对色选金银花等级的评价研究 [J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(19): 2694-2701.
- [76] 杜洪志, 郑英, 陈志琳, 等. 基于腹泻模型药效学试验的白术饮片等级研究 [J]. 贵州科学, 2020, 38(4): 23-26.
- [77] 楚笑辉, 王伽伯, 周灿平, 等. 不同商品等级枸杞子的抗氧化活性比较及其生物效价检测 [J]. 中国新药杂志, 2011, 20(7): 599-603.
- [78] 倪凤燕. 艾叶、苏木等 20 种中药饮片及药材的等级评价研究 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2021.
- [79] 石佳. 四十种中药饮片等级评价研究 [D]. 北京: 中国中医科学院, 2020.
- [80] 吕慧芳. 基于质量常数的十五种中药饮片等级评价研究 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2021.
- [81] 刘德文, 郭凤倩, 严林, 等. 不同炮制方法盐泽泻饮片的等级评价 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(6): 1076-1080.
- [82] 石佳, 章军, 赵小亮, 等. 质量常数方法应用于山楂饮片等级评价研究 [J]. 中国现代中药, 2022, 24(1): 128-133.
- [83] 齐静静. 基于中药质量常数的牡丹皮饮片等级研究 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2019, 17(23): 102-103.
- [84] 夏成凯, 胡云飞, 陈思宇, 等. 基于中药质量常数的牡丹皮饮片等级划分 [J]. 中成药, 2018, 40(3): 647-653.
- [85] 孙福仁, 张睿智, 刘沙, 等. 基于中药质量常数的苦参饮片等级评价 [J]. 河北工业科技, 2021, 38(1): 57-62.
- [86] 孙福仁, 刘沙, 张睿智, 等. 基于中药质量常数的桂枝饮片等级评价 [J]. 河北工业科技, 2021, 38(3): 180-184.
- [87] 石佳, 章军, 赵小亮, 等. 质量常数方法应用于麸炒苍术饮片等级评价研究 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(12): 2148-2154.
- [88] 沈立. 十四种中药饮片的等级评价研究 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2019.
- [89] 韦花花, 常丽静, 李明月, 等. 基于相对质量常数的黄芪饮片等级评价 [J]. 中药材, 2022, 45(4): 890-897.
- [90] 程中琴. 盐黄柏等级质量标准 and 炮制工艺研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2019.
- [91] 陈芳芳, 刘艳, 倪凤燕, 等. 基于质量常数评价方法的艾叶饮片等级评价研究 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2023, 29(10): 1721-1725.
- [92] 王辉, 鲁文慧, 崔兰冲. 基于复合质量常数的厚朴饮片等级标准研究 [J]. 时珍国医国药, 2022, 33(3): 722-725.
- [93] 曹雪. 北柴胡及其饮片质量评价的研究 [D]. 长春: 长春中医药大学, 2019.
- [94] 王雪莲, 穆成林, 卢焘韬, 等. 主客观组合赋权法结合质量常数法划分酒黄连饮片的等级 [J]. 中国药房, 2020, 31(23): 2853-2857.
- [95] 贡济宇, 赵凌, 曹雪, 等. 基于复合质量常数结合色度指标的甘草饮片等级标准研究 [J]. 时珍国医国药, 2019, 30(4): 870-874.
- [96] 尹程程, 杨洋, 赵大庆, 等. 北五味子饮片等级标准及质量评价 [J]. 中成药, 2021, 43(7): 1812-1818.
- [97] 郭骏骐, 张淼, 曹文正, 等. 基于多指标测定结合化学计量学的防风饮片质量评价 [J]. 吉林中医药, 2021, 41(9): 1213-1217.
- [98] 谢娟, 伍庆, 吴珊珊, 等. 高效液相色谱法分析丹参饮片等级 [J]. 广州化工, 2022, 50(7): 97-101.
- [99] 罗云云, 杜伟锋, 杨柳, 等. 基于性状与质量相关性对薏苡仁商品规格等级划分的探讨 [J]. 中药材, 2020, 43(7): 1588-1594.
- [100] 崔丹丹, 曾令杰, 黄嘉玲, 等. 基于主成分聚类和 PLS 回归分析的穿心莲质量等级评价研究 [J]. 中草药, 2019, 50(13): 3200-3206.
- [101] 晏宇杭, 卢丽洁, 周永峰, 等. 川白芷产地趁鲜切制与传统切制方法对其质量的影响 [J]. 中草药, 2021, 52(14): 4176-4184.
- [102] 荆文光, 程显隆, 刘安, 等. 基于“辨状论质”综合评价指数的厚朴饮片等级划分和优质优效研究 [J]. 中草药, 2021, 52(8): 2285-2293.
- [103] 潘新. 厚朴饮片质量评价与分级研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2012.
- [104] 谢雪婷, 黄盼, 周改莲, 等. 基于 PLS 回归分析评价广

- 金钱草饮片的质量等级研究 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(7): 1749-1752.
- [105] 李柳柳, 刘妍如, 颜永刚, 等. 基于二分类 Logistic 回归分析的桃仁等级预测研究 [J]. 中草药, 2019, 50(19): 4691-4696.
- [106] 闫亚峰, 宋忠兴, 刘妍如, 等. 基于“生物活性-质量标志物”关联的红花等级评价研究 [J]. 中草药, 2019, 50(19): 4683-4690.
- [107] 杨宁娟, 刘妍如, 唐志书, 等. 基于“质量标志物-生物活性”关联分析评价丹参的等级 [J]. 中草药, 2021, 52(4): 1135-1142.
- [108] 李晓红, 刘妍如, 唐志书, 等. 基于“生物活性-质量标志物”关联的赤芍饮片等级评价方法研究 [J]. 中草药, 2020, 51(10): 2611-2617.
- [109] 赵梦利, 刘妍如, 宋忠兴, 等. 基于成分-抗氧化活性相关的鸡血藤饮片等级评价研究 [J]. 中草药, 2020, 51(4): 943-949.
- [110] 秦宇雯, 费程浩, 毛春芹, 等. 基于“性状-质量标志物-生物效应”的饮片质量整体识别研究思路 [J]. 中草药, 2022, 53(5): 1294-1302.
- [111] 杨冬平, 杨乐, 李宇, 等. 基于生物-化学-形性指标关联的枸杞子综合质量评价研究 [J]. 中医药导报, 2023, 29(2): 35-42.
- [112] 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.
- [113] 白钢, 刘昌孝, 张铁军, 等. 基于质量综合评价指数的药材品质快速评价 [J]. 中草药, 2021, 52(2): 313-320.
- [114] Chen Z M, Vong C T, Zhang T J, *et al.* Quality evaluation methods of Chinese medicine based on scientific supervision: Recent research progress and prospects [J]. *Chin Med*, 2023, 18(1): 126.
- [115] 陈苡然. 附片(黑顺片)分级及其质量评价标准研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2013.
- [116] 仲瑞雪, 钟恋, 万军, 等. 天麻饮片分级的研究 [J]. 中成药, 2014, 36(1): 135-140.
- [117] 王艳平, 崔永蕾, 黄丽, 等. 基于灰色关联度法的枸杞子质量评价 [J]. 中国现代中药, 2020, 22(11): 1851-1856.
- [118] 唐文文. 多指标成分与生物活性相结合的当归品质综合评价 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2023.
- [119] 李创军. 远志和华南远志的化学成分及其生物活性研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2008.
- [120] 丁慧. 基于“性状-化学-活性”的山茱萸药材商品等级与品质评价研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2019.
- [121] Wang Y Y, Xiong F, Zhang Y, *et al.* Application of hyperspectral imaging assisted with integrated deep learning approaches in identifying geographical origins and predicting nutrient contents of *Coix* seeds [J]. *Food Chem*, 2023, 404(Pt A): 134503.

[责任编辑 赵慧亮]