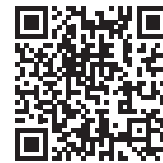


中药“辨状论质”理论的发展与应用

肖玉洁¹, 赵祥升¹, 魏建和²



1. 中国医学科学院药用植物研究所海南分所, 海南省南药资源保护与开发重点实验室 (海口 570311)
2. 中国医学科学院药用植物研究所 (北京 100193)

【摘要】“辨状论质”是对传统中药品质鉴别经验精髓的概括, 是现行中药质量评价体系的重要组成部分, 在中药质量控制与评价中发挥着理论指南的作用。传统的“辨状”倚重经验, 存在主观性强、量化难、重复性差等问题, 现代测量工具及仿生技术可实现中药外观性状(形、色、气、味)数据化表达, 将其量化结果与中药有效成分的含量或生物效应相关联, 利用现代科学手段的可视化、可量化、便携化及可重复化的“四化”来“论质”, 筛选可行可控的质控指标, 应用于中药材生产加工各个环节的质量评价与控制。从“辨状论质”的起源与内涵、现代研究进展及其应用价值 3 个方面进行综述, 以期为解决传统“辨状”方法的短板, 扩大“辨状论质”的应用范围, 促进中药品质评价体系的建设提供参考。

【关键词】辨状论质; 外观性状; 品质评价; 相关性分析; 电子感官技术; 发展历程; 应用意义

【中图分类号】 282.5 **【文献标识码】** A

Development and application of "quality evaluation through character identification" theory in traditional Chinese medicine

XIAO Yujie¹, ZHAO Xiangsheng¹, WEI Jianhe²

1. Hainan Branch of the Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Hainan Provincial Key Laboratory of Resources Conservation and Development of Southern Medicine, Haikou 570311, China

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Corresponding authors: ZHAO Xiangsheng, Email: xiangsheng437@163.com; WEI Jianhe, Email: wjianh@263.net

【Abstract】"Quality evaluation through identification" (QECI) is a theory that summarizes the essence of quality identification experience about traditional Chinese medicine (TCM). As an important component of the current quality evaluation system of TCM, the theory provides theoretical guidance for controlling and evaluating TCM's quality.

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202405063

基金项目: 海南省重点研发计划项目 (ZDYF2023SHFZ141); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目 (2021-12M-1-032)

通信作者: 赵祥升, 博士, 副研究员, 硕士研究生导师, Email: xiangsheng437@163.com

魏建和, 博士, 研究员, 博士研究生导师, Email: wjianh@263.net

Identifying based on human senses, traditional appearance identification relies on experience, which is subjective, difficult to quantify, and poorly repeatable. Modern measurement tools and biomimetic technology can quantify appearance characters (shape, color, smell, taste) of TCM. Then associate the results with content of active ingredients or biological effects. Make use of the visualization, quantifiability, portability, and repeatability of modern scientific means and screen feasible and controllable quality control indicators, which can be applied to quality evaluation and control of TCM's production and processing in each stage. The origin, connotation, modern research progress, and application value of QECI are reviewed, aiming to provide reference for addressing the shortcomings of traditional appearance evaluation, expanding the application scope of QECI, and promoting the construction of TCM's quality evaluation system.

【Keywords】 Quality evaluation through character identification; Appearance character; Quality evaluation; Correlation analysis; Electronic sense technology; Development history; Application significance

中药作为我国独特和具有原创性优势的医药资源,在防病治病和健康服务中发挥着重要作用。中药质量的有效控制是其发挥临床疗效的基本保障,也是中药研究、生产、监管关注的重点。中药质量评价体系的构建是中药标准化与现代化的重要内容,现行的中药质量评价方法包括性状评价、化学评价、生物评价和临床评价^[1],其中性状评价以古代医药学家长期的临床用药实践经验为基础,与临床疗效的相关性好^[2],且简单易行、快速有效,在药材市场中应用广泛。传统鉴别经验基于“辨状论质”理论,通过看、摸、闻、尝等方法估测中药性状(形、色、气、味),如生地个大体重、甘草断面黄白色、白术气香、甘草味甜,主观性强,高度依赖经验,标准难以量化,在实际应用中存在局限性。现代技术的发展为中药性状提供了准确、客观的测量方式,将个大、体重、黄白色、气香、味甜等主观模糊的语言转化为长度、直径、重量、色度值、响应值等客观精准的数值,有利于建立客观的中药材质量控制标准,促进药材市场的监督管理。本文拟对“辨状论质”的起源、科学内涵、现代研究与应用进行综述,以期对“辨状论质”科学内涵的阐明和该理论的进一步发展提供新的方法和思路。

1 “辨状论质”的起源与内涵

1.1 理论起源

据古代本草典籍记载,自秦汉时期开始,中国传统医药学家们便依据药材的外观性状,如形

状、大小、重量、颜色、气味等,评估中药的真伪优劣。中药行业长期以来对中药真伪优劣鉴别实践经验的总结称为传统的经验鉴别法,历代本草籍著均有相关论述。1994年,谢宗万先生根据“辨证论治”是中医理论结合实际治病原则的精髓,将中药品种传统经验鉴别的精髓概括为“辨状论质”^[3]。

中药材的“辨状论质”观经历了漫长的发展历程,这一理念的出现可追溯到西汉时期,《范子计然》记有药材的商品规格及优质标准,包括产地、形状、粗细、色泽、质地、气味、采收季节等7项指标要求^[4]。东汉末年《神农本草经》将五味具化到每味药,五味最初指药物的真实滋味,《本经》未赋予其功效的内涵^[5-6],绝大多数药物标注有味,如厚朴味苦,为后世所沿用,奠定了“辨味论质”的基础。魏晋《名医别录》对《神农本草经》中药物的性味等做了补充,又补记了365种药物,书中有通过性状来评价药材真伪优劣的记载,如以味道区分苦桔梗和莽苳(甜桔梗)。南北朝《雷公炮炙论》描述炮炙药物性状特征、与易混淆品种的区别,辨别其真伪优劣。《本草经集注》在收载《神农本草经》365种药物的同时,又辑入《别录》的365种药物,且《集注》对药材形态进行描述,通过形态对中药进行鉴别和优劣评价。唐《新修本草》首次绘制彩色本草图,以图文对照的方式描述药物的形态,基本沿用《本草经集注》的体例,新增药物114种^[7-8]。宋《本草图经》详细描述药物性状用以判断药材质量,包

括形态、颜色、大小、气味、质地等多个方面，更侧重利用综合性状进行药材质量优劣评价，首次收集植物标本且增加墨线药图^[7,9-10]。至明清时期，大量本草著作在此时完成，均采用性状来论质，较为全面地描述了药材的性状与品质评价。明朝《本草品汇精要》彩色插图出自宫廷画家，图像更精美逼真^[11]。《本草纲目》详细描述药材的性状特征，记载以性状为指标的药材质量优劣的评价标准，还概括了某些药材的特征形态，如

防风的“蚯蚓头”，许多经验术语流传至今^[12]。清朝《本草纲目拾遗》是对《本草纲目》的补充和修正，共收载 921 种药品，其中《纲目》未记载过的有 716 种。至民国时期，“辨状论质”理念已成熟，《中国药学大辞典》《增订伪药条辨》等对药材形态的描述更为详尽，全面罗列了可作为品质评价的性状指标。“辨状论质”的发展历程见图 1，历代本草文献中有关药材性状及品质评价的描述见表 1。

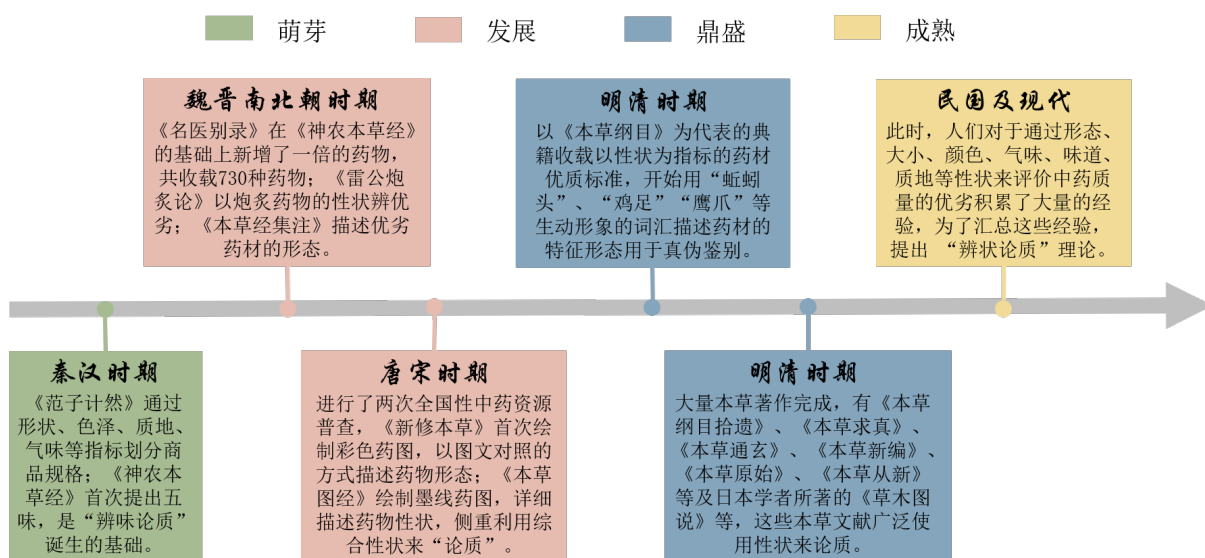


图1 中药“辨状论质”理念的发展历程

Figure 1. Development history of "quality evaluation through character identification" in traditional Chinese medicine

表1 历代本草文献中“辨状论质”相关描述举例

Table 1. Examples of descriptions related to "quality evaluation through character identification" in historical herbal literature

时期	本草	原文描述
秦汉	《范子计然》	黄连出蜀郡，黄肥坚者善
	《神农本草经》	黄连味苦寒；桔梗味辛
魏晋	《名医别录》	厚朴“极厚，肉紫色为好，壳薄而白者不佳”
南北朝	《本草经集注》	黄芪“第一出陇西、洮阳，色黄白，甜美，今亦难得”；厚朴“极厚，肉紫色为好，壳薄而白者不如”
唐宋	《新修本草》	黄连“蜀道者粗大节平，味极浓苦，疗渴为最；江东者节如连珠，疗痢大善。”
	《蜀本草》	黄连“江左者节如连珠，蜀郡者节下不连珠，今秦地及杭州、柳州者佳”
	《本草图经》	以宣城者为胜，施、黔者次之。苗高一尺已来，叶似甘菊，四月开花，黄色。六月结实似芹子，色亦黄。二月、八月采根用。生江左者，根若连珠，其苗经冬不凋，叶如小雉尾草，正月开花作细穗，淡白微黄色，六七月根紧始堪采。
明清	《本草纲目》	唯取蜀郡黄肥而坚者为善。大抵有二种：一种根粗无毛有珠，如鹰鸡爪形而坚实，色深黄；一种无珠多毛而中虚，黄色稍淡。各有所宜。
	《药品化义》	黄连“川产肥大肉如黄金色者佳”
	《雷波厅志》	今雷波产黄连，形如鸡爪，亦最上品
	《本草原始》	凡用黄连，选粗大黄色鲜明，多节坚重，相击有声者为胜。小而连珠，无须者次之。无珠多毛，色浅而虚者不堪用。

续表1

时期	本草	原文描述
民国	《本草纲目拾遗》	处连以形大毛轻者好。仙姑连粗如鸡距，皆作连珠形，皮色青黄，光洁无毛，味大苦寒，折之有烟，色如赤金者佳。天姥连出天台，皮色鼠褐，略有毛刺，味苦，入口久含有清甘气。
	《本草求真》	黄连“出四川，瘦小状类鹰爪，连爪连珠者良”
	《中国药学大辞典》	黄连“茎高自二三寸至尺余，四时不凋，春季于旧叶旁抽花茎，其上部簇生白色花，叶由种类而异……粗约一至五密米，长约至四仙米，多弯曲，有细小多数副根，处处有疣状隆起，外面呈黄灰色，破折面尖锐粗糙，横折面则现出厚暗橙黄色之皮部及淡黄色之木部，木部中有大髓心，或髓心空洞。”
现代	《增订伪药条辨》	黄芩“色白黄，味甜鲜洁，带有绿豆气，为最道地”
	《中药志》	鱼腥草以淡红褐色、茎叶整齐、无泥土等杂质者为佳
	《实用中药材经验鉴别》	桔梗以根条肥大，外表色白，体坚实，味苦者为佳

1.2 科学内涵

“辨状论质”理论中的“状”是指中药的外观性状，即形（形状、大小、表面特征、断面特征、质地等）、色（色泽）、气（气味）、味（味道）^[13]，“质”是指中药的内在品质（真伪优劣）。“辨状论质”的本质是中药材和饮片的外观性状是其内在活性成分种类和含量的外在表现，即性状与品质之间存在相关性，这是由生物遗传和环境因子共同决定的。根据外观性状的划分，“辨状论质”的内涵可总结概括为4个方面内容：辨形论质、辨色论质、辨气论质和辨味论质。

药材的外观性状与其内在品质的联系具有可解释性。易霉变药材以身干者为佳，“身干”意味着药材未因潮湿而霉变，如杜仲、麦冬；易虫蛀药材则认为以无虫蛀为佳，如神曲。“个大、颗粒饱满、粗壮、质坚实、体重”意味着原药用植物生长发育好，药用有效成分积累量多，如三七、皂荚子、白芷等。粉性药材往往以粉性足者为佳，如山药、半夏、天花粉和川贝母等。含挥发油的药材要求以香气浓郁者为佳，如吴茱萸、当归、降香等，因为气味的浓淡代表着挥发油含量的多少。颜色与味道则根据药材种类的不同而有不同的要求，均与药材活性成分的含量有关，如丹参以皮丹肉紫为优，是因为其中的丹参酮类成分含量高^[14]；黄连以断面黄红色者为佳，与小檗碱含量高有关；甘草要求味甜，是与甘草甜素的含量有关。

2 “辨状论质”的研究内容及进展

传统经验利用看、摸、闻、尝等方法，或加水试、火试法进行中药鉴别，高度依赖经验，对鉴别人员要求高，且主观性强，缺乏客观的评

价标准，具有较强的局限性。现代观测技术及仿生技术的发展促进了药材形状的客观化表达，增加了“辨状论质”理论的科学性，同时降低了鉴别门槛，有助于扩大“辨状论质”理论在中药真伪优劣鉴别及等级划分中的应用范围。

“辨状论质”的现代研究主要是将药材的性状特征与化学成分和生物学效应相关联，两者各有利弊，形状与化学成分的相关性更强，生物学效应能更好地反映药材的综合质量，但很难将其与某一性状直接相关，目前研究较少^[15]。具体方法是通过测量工具或电子眼、电子鼻、电子舌等仿生仪器量化药材的性状（形、色、气、味），再选择合适的含量指标（通常是药效物质），如单一或某一类成分的含量、不同成分的含量比、水分、总灰分、酸不溶性灰分等，或药效指标，如抗炎活性^[16]、止咳药效^[17]等，对性状指标和含量/药效指标进行相关性分析，筛选出可用于指导药材真伪优劣鉴别的性状指标，为建立快速鉴别药材品质的评价体系奠定基础。

2.1 基于现代观“形”技术的“辨形论质”

传统鉴别经验根据药材的外部形态判断其品质，古籍中“形”的观测指标通常是中药的外部形态包括形状、大小、质地、表面、断面（横切、纵切、折断）等^[18]。一些药材以形状判别质量优劣，如黄芩以直/坚实如箭杆者为优^[19]，栀子以圆小、皮薄、饱满者为佳。一些药材以大小作为质量的评价指标，如生地黄以个大体重、断面乌黑油润者为佳，浙贝入药以圆白而小者为佳。质地指药材的软硬、坚韧、疏松、轻重、粘性或粉性等特征，常用坚韧、松泡、粉性、粘性、油润、角质等术语描述。一些药材以质地评价质量，

多以质地坚实或肉厚者为佳，如甘草以外皮细紧、质坚实、体重、断面黄白色、粉性足、味甜美者为佳，狗脊以肥大、质坚实无空心、外表略有金黄色茸毛者为佳；但也有例外，如蕈蕨以质地软者为佳。现代观测技术的发展使“形状”得以量化，为客观评价标准的建立提供参考，同时也可以验证“辨形论质”的科学性。表 2 列举了“辨形论质”的相关研究，与药用活性成分相关性较强的形状指标可用于预测和判断药材品质。

2.2 基于现代测色技术的“辨色论质”

“色”即是药材色泽，指自然光下药材的颜色与光泽度，通常包括表面的色泽、内部色泽及炮制前后的色泽变化。药材的色泽是评价药材质量的重要外在特征，如羌活以完整不碎、色青绿鲜艳光亮者为佳，降香以色紫红、质坚实、富油性，香气浓者为佳，阿胶以色光亮，纯净透明，质脆，无腥臭气者为佳。药材基原植物细胞中的色素，如黄酮类、萜类、生物碱等，决定中药色泽，同时，大部分色素发挥着抗氧化、抗肿瘤、抗动脉粥样硬化、预防冠心病、保护心血管、增强免疫力等广泛的药理活性。因此，药材的“外在色泽优形”与“内在色素优质”是统一的^[24]，辨色论质可以得到合理的生物学解释。

辨色论质起初是通过肉眼观察，而后陆续出现了色卡比对、色彩色差计、分光测色仪、电子眼等^[25]。测色技术基于色度学理论，将主观色泽感知与客观物理测量值联系起来，用数值科学准确地描述色泽。1976 年国际照明委员会

(Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) 提出颜色空间 CIELAB，现已被世界各国正式采纳，成为国际通用的标准颜色空间。L*a*b* 颜色模式是由 L*、a*、b* 3 个要素组成，L* 表示亮度，值域为 0~100，0 为黑色，100 为白色；a*b* 表示色品，a* 为红 - 绿色轴，负方向为绿，正方向为红，b* 为黄 - 蓝色轴，正方向为黄，负方向为蓝。E*ab 表示待测物颜色的总色差， $E^*ab = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ 。

现代测色技术的出现实现了对药材颜色的数字化表达，消除了肉眼观察带来的主观性，将色谱法和测色仪联用可用于中药的颜色与其内在药效成分的相关性分析，为“辨色论质”提供科学依据。很多研究表明，中药的色泽与其所含的黄酮、生物碱、萜类等化学成分具有相关性，如红大戟中蒽醌类成分含量与 L*、a*、b* 之间存在显著正相关，颜色偏红色的红大戟蒽醌类成分含量较高，与传统描述“以红褐色为佳”相符合^[26]；降香中黄酮类成分含量与 L*、b* 呈显著负相关，颜色偏紫红的降香黄酮类成分含量高，与传统描述“以色紫红者为佳”相符合^[27]；穿心莲内酯是穿心莲中的主要药效成分和质控指标成分，穿心莲粉末的 L* 值与药材中 4 个二萜类内酯的含量呈极显著负相关^[28]。通过分析色度值 L*、a*、b* 与中药药效物质的相关性，为辨色论质的传统鉴别经验提供科学依据，筛选相关性强的色度值用于预测药材内在活性成分的含量，对药材进行质量评价，相关研究见表 3。

表2 形-质相关性现代进展

Table 2. Research progress on correlation between shape and quality

品名	形状指标	成分/药效指标	相关性分析	传统经验	参考文献
金银花	花蕾长度、上部膨大处直径与长度、干花重	绿原酸、异绿原酸A/B/C、木犀草苷、咖啡酸、当药苷、香豆酸等的含量	干花重与咖啡酸、当药苷含量呈显著负相关，与木犀草苷含量呈显著正相关，金银花总长度、膨大处长度与当药苷含量均呈显著性负相关	以花条长、无开放花朵、骨茬硬、垂而不倒、花冠厚者为佳	[20]
巴戟天	根直径、木心直径	蔗糖、蔗果三糖、耐斯糖、蔗果五糖的含量	蔗糖、蔗果三糖、耐斯糖、蔗果五糖与根直径、木心直径呈显著或极显著负相关	条粗、肉肥厚、木心细者质佳	[21]
蛇床子	长、宽、千粒重、碎粒质量占比	水分、总灰分、酸不溶性灰分、蛇床子素、欧前胡素、佛手柑内酯、异虎耳草素、花椒毒素、花椒毒酚的含量	外观性状与内在含量指标间，除长宽比与其他指标没有明显相关性，其余外观性状与内在含量指标间均呈现出不同程度的显著相关性	以粒大饱满果皮松脆者为佳	[22]
南柴胡	长度、直径、干重和皮木比	挥发油、总皂苷、总黄酮、总多糖和7种单体柴胡皂苷总含量	挥发油和柴胡皂苷含量与长度、直径呈显著正相关	以根粗、根长者 为优	[23]

表3 色-质相关性现代进展

Table 3. Research progress on correlation between color and quality

品名	色泽指标	成分/药效指标	相关性分析	传统经验	参考文献
大黄	L*, a*, b*	5个游离蒽醌及其苷类、番泻苷A、番泻苷B、没食子酸、儿茶素及总蒽醌含量	根的L*与番泻苷A含量呈极显著负相关, a*与没食子酸含量呈极显著负相关, 与大黄酚、大黄素甲醚含量呈显著正相关, b*与大黄酚、大黄素甲醚含量呈显著正相关	以根粗大、质坚实、颜色棕红或黄色、味苦为佳	[29]
蜜金樱子肉	L*, a*, b*, E*ab	UPLC指纹图谱各峰的峰面积	不同炮制时间蜜金樱子肉样品色度值L*, b*, E*与指纹图谱中部分共有峰的单位峰面积存在相关性	炒至表面红棕色	[30]
枸橼	L*, a*, b*	芸香柚皮苷、柚皮苷和枸橼苷含量	芸香柚皮苷、柚皮苷和枸橼苷的含量与a*呈显著负相关, 与b*呈显著正相关	表面黄色或黄绿色	[31]
地黄	L*, a*, b*	梓醇、地黄苷D的含量; 抗氧化、降血糖活性	梓醇含量与断面L*呈显著正相关, 与b*呈极显著正相关; 地黄苷D含量与L*呈显著的正相关。断面颜色与化学成分和药理活性具有一定的相关性, 断面黑色的地黄抗氧化和降血糖作用较强	以断面乌黑色为佳	[32]
莪术饮片	L*, a*, b*	莪术烯醇、呋喃二烯酮、去甲氧基姜黄素、姜黄素等12种成分的含量	莪术烯醇、呋喃二烯酮、去甲氧基姜黄素、姜黄素与b*呈显著正相关; 新莪术二酮、 β -榄香烯、异莪术烯醇与L*呈显著负相关; 莪术二酮、呋喃二烯、吉马酮与L*呈显著正相关	-	[33]
甘草	L*, a*, b*	抗炎活性	b*与甘草抗炎活性具有显著相关性	以色红棕、断面黄白者为佳	[34]

注: L*表示亮度, a*表示红绿色度, b*表示黄蓝色度, E*ab表示色差值。

2.3 基于电子鼻技术的“辨气论质”

在中医理论中, 中药的四气是指药物的效果所反映出来的寒、热、温、凉4种特性, 而中药性状的“气”是指鼻子闻到的气味, 如气香、气臭、气酸、气腥、气特异等, 一般用气浓、气微、气无等字样描述气味的程度。植物药多具有清凉、青鲜的气味, 偶有例外, 如阿魏、连翘、鱼腥草等; 动物药多具有腥臭味, 如阿胶、虎骨、雄黄等^[35]。一些中药具有特殊气味, 是其鉴别和质量评价的重要指标, 如甘松以条长、根粗、香气浓者为佳; 阿魏以臭者为佳, 无臭气者皆假。挥发性成分是中药的气味的来源, 同时也发挥抑菌、抗病毒、抗炎、保护心血管等药理作用^[36], “辨气论质”有一定的生物学基础。

电子鼻技术对气味进行客观化表达, 可获得药材整体气味的轮廓信息。将电子鼻与顶空-气相色谱-质谱法联用, 可用于分析中药气味与挥发性成分之间的相关性, 阐明中药气味的化学物质基础^[37], 为“辨气论质”提供科学依据。研究表明, 中药多具有固定的气味, 与其所含挥发性

成分的种类有关。紫苏叶、降香等中药气香, 被称为芳香中药, 化学物质基础包括烃类、醇类、醛类、酮类等, 代表性成分有苧烯、芳樟醇、柠檬醛和薄荷酮等, 芳香中药多以气味浓郁者为佳。冬虫夏草、鱼腥草等中药气腥, 其中冬虫夏草的腥味物质基础是丙位辛内酯、癸醛、正己酸等^[38]。中药气味的程度与其所含挥发性成分的量有关, 如防风的气味传感器响应值与色原酮和挥发油含量呈显著正相关^[39], 当归的气味传感器响应值与阿魏酸、藁本内酯、挥发油的含量相关^[40], 与传统描述“以香气浓郁者为佳”一致。通过气味传感器来表征中药的气味, 分析响应值与挥发性成分的相关性, 明确气味的物质基础, 验证“辨气论质”的科学性, 相关研究见表4。

2.4 基于电子舌技术的“辨味论质”

“味”是中药的真实滋味, 包括辛、酸、甘、苦、咸、涩等。“辨味论质”是中药品质评价的重要内容, 如苦参以味极苦者为佳, 金银花以味微苦者为佳, 白茅根以条粗、色白、味甜者为佳。有些药材具有鲜明纯正而恒久的滋味,

一般味道越浓质量越好，如黄连、山豆根、穿心莲等味极苦，越苦品质越佳。有些中药材药味间杂，如黄芪味甜而有豆腥气，厚朴苦而辛辣，西洋参嚼之先甜而后苦。有些药材可根据滋味和口感鉴别，如黄柏味苦，嚼之有黏液性，唾液染成黄色。

中药的滋味与其内在化学成分的种类和含量有关。辛味与挥发油、辣素、皂苷等成分有关，酸味与有机酸等成分相关，甘味与糖类、淀粉、蛋白质、氨基酸等成分有关，苦味与生物碱、苦味素、苷类等成分有关，咸味与无机盐有关，涩味与鞣酸有关^[46-47]。电子舌技术可模拟人的味觉，

建立味觉雷达图，实现对中药材“味”的客观化表达，再结合相关性分析，探究中药“味”的物质基础。木瓜味酸，其酸味值与苹果酸、柠檬酸、莽草酸等有机酸的含量呈显著正相关^[48]。Kong等^[49]发现了蒲黄炭的8个潜在苦味成分：苯丙氨酸、缬氨酸、绿原酸、异槲皮苷、棕榈酸、柠檬酸、槲皮素-3-O-(2- α -L-鼠李糖)-芸香糖苷和香蒲新苷。越来越多的研究表明，味道响应值与中药内在成分间存在相关性，验证了“辨味论质”的科学性，相关研究如表5所示。通过测定味道响应值可以预测中药中相关成分的含量，从而评价药材质量，实现“辨味论质”。

表4 气-质相关性研究进展

Table 4. Research progress on correlation between smell and quality

品名	气味指标	成分指标	相关性分析	传统经验	参考文献
白术	传感器响应值	白术内酯I、II、III的含量	传感器W3S响应值与白术内酯I含量具有显著相关性，W5S响应值与白术内酯II含量显著相关	气香	[41]
川姜黄	传感器响应值	姜黄素类成分（双去甲氧基姜黄素、去甲氧基姜黄素、姜黄素）的含量	传感器P40/I响应值与姜黄素含量呈显著负相关，T30/I响应值与总姜黄素含量呈极显著正相关	以香气浓厚者为佳	[42]
郁金	刺激性气味、酸味气味、樟脑气味	挥发性成分	刺激性气味与莪术烯、莪术呋喃二烯酮等的含量呈正相关；酸味气味与愈创木烯、香橙烯等的含量呈负相关，与丙酮含量呈正相关；樟脑气味与丙酮和蒽烯的含量呈正相关，与愈创木烯等的含量呈负相关	气微	[43]
黄连	气味值	生物碱含量	气味值生物碱含量具显著相关性	气微	[44]
鱼腥草	腥味	挥发性成分	鱼腥草“腥味”的物质基础主要是d-柠檬烯、(\pm)-2-蒎烯、 β -蒎烯、石竹素、(-)-spathulenol、正壬醛、(Z)- β -法呢烯、月桂烯、邻-异丙基苯等9种物质	微具鱼腥气，新鲜者更为强烈	[45]

表5 味-质相关性研究进展

Table 5. Research progress on correlation between taste and quality

品名	味道指标	成分指标	相关性分析	传统经验	参考文献
厚朴	苦味、苦味回味值	紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷A、木兰苷B、和厚朴酚、厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚含量	和厚朴酚、厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚与电子舌苦味、苦味回味存在显著的正相关	味辛辣、微苦	[50]
川芎	酸味、涩味、涩味回味值	绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯A含量	酸味值与阿魏酸含量呈极显著负相关，与阿魏酸松柏酯含量呈极显著正相关；涩味值、涩味回味值与绿原酸含量呈极显著负相关，与川芎嗪含量呈极显著正相关	味苦、辛	[51]
白术	苦味值	白术内酯I/II/III、苍术酮、总黄酮、总聚炔、总内酯含量	白术内酯I/II/III的含量与苦味响应值存在显著正相关，总内酯含量与苦味响应值呈正相关，总聚炔含量与苦味响应值呈负相关	味甘、微辛	[52]

续表5

品名	味道指标	成分指标	相关性分析	传统经验	参考文献
栀子	酸、苦、咸、鲜、涩味及回味值	绿原酸、栀子苷、香草酸、芦丁、西红花苷I、西红花苷II等10种成分的含量	香草酸、西红花苷I、西红花苷II、芦丁对栀子炮制前后味道变化有较大贡献	味微酸而苦	[53]
桔梗	苦味、苦味回味值	桔梗皂苷D等7种单体皂苷和16种氨基酸的含量	桔梗皂苷D、去芹菜糖桔梗皂苷E和去芹糖桔梗皂苷D的与桔梗的苦味以及苦味回味具有明显的相关性，天冬氨酸、精氨酸对苦味的影响最大	味苦者为佳	[54]

3 “辨状论质”理论的应用

3.1 中药品质评价和质量控制

中药的质量是临床用药安全、有效的保证。目前中药材市场存在质量参差、管理混乱的现象，因此对中药材快速、高效的质量识别具有重要意义。“辨状论质”理论中很多经验鉴别的鉴定术语言简意赅、一语中的且生动形象，如用“珍珠鳞”描述蛤蚧体表灰色圆形如珍珠状微凸小鳞片，“鹦哥嘴”描述优质天麻顶端残留的鹦嘴状芽苞，“罗盘纹”描述商陆断面同心的环纹，广泛用于中药材的质量评价。人工智能感官技术实用性强、灵敏性高、易操作、结果可靠，可以解决一般理化分析不能解决的复杂问题^[55]，基于“辨状论质”的现代测量工具、色度计、电子鼻、电子舌等技术已应用于药材和饮片的真伪、规格辨识^[56]及采收、炮制加工、贮藏等过程的质量控制。

由于外界环境及药材自身性质的原因，中药，尤其是含糖类、油脂、挥发性成分较多的药材，在贮存过程中常发生虫蛀、霉变、变色、走油等变质现象，需要对这种现象进行监控。“辨状论质”理论已应用于药材霉变、走油等常见质量问题的快速判别、程度判断^[57-59]及中药贮存过程的质量控制^[60]，指导中药材贮藏的“事先预防、事中干预、事后鉴别”。

3.2 指导药材和饮片商品规格/质量等级标准的建立

中药市场交易看货评级，分档议价，形成了以商品规格为代表的等级划分标准，但其存在不能准确反映药材质量的问题，质量等级标准是对现行药材规格等级标准的发展和完善^[61]。“辨状论质”理论根据药材外观性状可以反映内在有效成分的含量，分析外观性状与药效成分含量或生物效应之间的关联性，用外观性状分级代替质量分级，指导中

药商品规格等级标准或质量等级标准的制定。已有研究表明巴戟天^[21]、蛇床子^[22]、厚朴^[62]、南柴胡^[23]、留兰香^[63]等药材和大黄^[64]、拳参^[65]等饮片的外观分级与质量分级一致，“辨状论质”作为理论指南对中药进行质量分级具有可行性。

3.3 指导药材采收、贮藏及炮制加工

中药质量受其生长、采收、运输、加工、贮藏各个环节的影响。药材的采收期不同，性状特征也会不同，如连翘有青翘和老翘之分，青翘早期采收，呈绿褐色；老翘晚期采收，呈黄棕色或红棕色。中药材的合理采收是实现高产、高质的有效途径，依据“辨状论质”理论，将药材性状与药效成分的含量或生物效应关联，整合典型性状特征，通过现代测量工具、电子眼、电子鼻、电子舌等技术对外观性状数字化，从形、色、气、味多维度确定药材采收期，量化采收标准^[66]，建立合适的采收期质量控制方法。“辨状论质”已经应用于不同采收时间枸杞子^[67]的区分或枸橼^[31]、黄连^[68]、栀子^[69]等最佳采收期或采收部位的确定，指导采收标准的建立。

随贮藏时间的延长，药材的颜色和气味会发生一定变化，如新鲜的陈皮外表呈橙红色或红棕色，气香；久放后颜色变深，气香浓郁。通过状-质相关性分析，研究药材颜色、气、味等变化的机制，筛选出相关性高的性状指标作为药材贮藏期间质量控制监测指标，“辨状论质”已应用于陈皮贮藏年份造假的识别^[70]及大黄^[71]、牛膝^[72]、苦杏仁^[59,73]等药材贮藏过程中质量的监测。

中药材通常需要经炮制加工制成中药饮片使用，起增效减毒的作用，合格的炮制工艺和加工方法是保证中药饮片质量的关键。中药炮制时常有“炒至发黑”“闷至变黄”等颜色要求，《中国药典》附录炮制通则项有关性状的内容属于经验表述，在实际操作过程中存在主观偏差，而色

彩色差计等测量技术可将炮制过程中的颜色描述数据化,为炮制的工艺研究、成分变化,阐明炮制机理,规范中药加工炮制工艺与质量评价体系提供了新技术和新方法,有望用于以饮片的形、色、气、味为监测指标的中药炮制加工机械化研究。电子感官技术结合“辨状论质”理论已应用于饮片炮制前后差异分析^[74-75],不同炮制品差异分析^[76],判断炮制程度^[77],研究炮制机理^[78],判别炮制火候^[79],优化炮制工艺^[80],及炮制过程中的质量检测^[81]等。

4 结语

中药的质量是其临床疗效的保证,因此质量评价在中药研究中占据重要地位。与其他质量评价方法相比,基于“辨状论质”的性状评价语言通俗易懂,操作简单快捷,但传统感官评价存在主观误差,重复性差,且难以建立统一的标准,现代测量技术及电子感官技术等引入弥补了这些缺陷,且无复杂的样品前处理过程,对环境友好,不损坏样品,在评价药材品质和质量控制方面具有很强的实用性和应用价值。本文通过文献调研,探究“辨状论质”理念的起源和形成过程;通过对现代关于中药的形、色、气、味与其有效成分含量或生物学效应相关性研究的归纳总结,阐明“辨状论质”的科学内涵;并总结了该理论在中药品质评价与质量控制,指导药材和饮片商品规格/质量等级标准的建立,和指导药材采收、贮藏、炮制加工等方面的应用。当前研究集中在将性状与主要化学成分含量关联,而性状-生物效应关联研究较少,考虑到生物效应与临床疗效更具相关性,建议后续加强性状-生物效应研究,或探索“性状-有效成分-生物效应”相关联的研究新模式。状-质相关性研究目前聚焦在单一性状,建议在此基础上分析整体性状与有效成分或药效的相关性,赋予每个相关性状一定的权重,得到新的综合性状指标,更好地服务于中药品质评价。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

1 笪舫芳,戴忠华,朱华. 中药品质评价研究现状及发展趋势[J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(6): 1485-1488.

[Da FF, Dai ZH, Zhu H. Progress and development trend of traditional Chinese medicine quality evaluation[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2017, 35(6): 1485-1488.] DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2017.06.036.

2 钱锦秀. 基于传统鉴别经验的中药材现代品质评价研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2023. DOI: 10.27658/d.cnki.gzzyy.2023.000183.

3 谢宗万. 中药品种传统经验鉴别“辨状论质”论[J]. 时珍国药研究, 1994, (3): 19-21. <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/szgyy199403016>.

4 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. DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.20180524001.

5 周祯祥,张廷模,闵志强,等. 论《神农本草经》对中药学的贡献[J]. 中药与临床, 2020, 11(3): 43-49. [Zhou ZX, Zhang TM, Min ZQ, et al. The contribution of Shen Nong Ben Cao Jing to traditional Chinese medicine[J]. Pharmacy and Clinics of Chinese Materia Medica, 2020, 11(3): 43-49.] DOI: CNKI:SUN:LCZY.0.2020-03-013.

6 张铁军,刘昌孝. 中药五味药性理论辨识及其化学生物学实质表征路径[J]. 中草药, 2015, 46(1): 1-6. [Zhang TJ, Liu CX. Identification of Chinese materia medica and its chemical biology characterization path on five taste theory[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2015, 46(1): 1-6.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.01.001.

7 罗琼,柳长华,成莉,等. 《神农本草经》在我国药物规范历史中的地位探讨[J]. 北京中医药, 2015, 34(1): 29-31. DOI: 10.16025/j.1674-1307.2015.01.009.

8 金久宁. 唐宋时期的中药资源调查与官修本草[J]. 中国现代中药, 2014, 16(11): 937-941. [Jin JN. Investigation of Chinese medicine resources during Tang and Song dynasties and official-compilation herbal classics[J]. Modern Chinese Medicine, 2014, 16(11): 937-941.] DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.2014.11.015.

9 林玉歆,张大金,李惠民. 论《本草图经》的贡献[J]. 长春中医药大学学报, 1991, (3): 22-24. DOI: 10.13463/j.cnki.cczyy.1991.03.017.

10 彭华胜,王德群,郝近大,等. 宋代《本草图经》的药材质量优劣评价观[A]. 第十八届全国药学史暨本草学术研讨会学术论文集[C]. 北京: 中国药学会药学史专业委员会, 2015: 6.

11 李昂,陈悦. 中文古籍中植物图像表达特点刍议[J].

- 自然科学史研究, 2015, 34(2): 164–181. [Li A, Chen Y. A preliminary study on the expression characteristics of plant illustrations in ancient Chinese books[J]. Studies in the History of Natural Sciences, 2015, 34(2): 164–181.] DOI: 10.3969/j.issn.1000-0224.2015.02.003.
- 12 刘川玉, 唐建红. 《本草纲目》对部分中药材真伪优劣的鉴定 [J]. 中国民族民间医药, 2010, 19(14): 57. DOI: 10.3969/j.issn.1007-8517.2010.14.053.
- 13 马栋, 李小琴, 薛幸嫔, 等. 关于中药黄芩“辨状论质”的本草考证研究 [J]. 中药材, 2022, 45(10): 2516–2521. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2022.10.043.
- 14 刘伟, 周冰谦, 王晓, 等. 丹参药材粉末色泽与有效成分含量的相关性 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(4): 1466–1470. [Liu W, Zhou BQ, Wang X, et al. Correlational between the powder of color traits and active ingredient content in *Salvia miltiorrhiza* Bge[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2019, 34(4): 1466–1470.] <https://mall.cnki.net/magazine/Article/BXYY201904038.htm>.
- 15 秦雪梅, 孔增科, 张丽增, 等. 中药材“辨状论质”解读及商品规格标准研究思路 [J]. 中草药, 2012, 43(11): 2093–2098. [Qin XM, Kong ZK, Zhang LZ, et al. Interpretation of "assessing quality by distinguishing TCMM features" and research ideas about commodity specifications[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2012, 43(11): 2093–2098.] DOI: CNKI:SUN:ZCYO.0.2012-11-003.
- 16 陈依婷, 王冰, 孙艳涛, 等. 基于牡丹皮微观性状与抗炎活性相关的“辨状论质”研究 [J]. 中医药信息, 2022, 39(10): 39–43. [Chen YT, Wang B, Sun YT, et al. Study of "Quality Discrimination by Character" on relationship between microproperties of Moutan Cortex and its anti-inflammatory activity[J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2022, 39(10): 39–43.] DOI: 10.19656/j.cnki.1002-2406.20221007.
- 17 曹光昭, 林相龙, 俞越童, 等. 甘草止咳药效与其数字化颜色测量值的相关性分析 [J]. 世界科学技术 – 中医药现代化, 2018, 20(7): 1245–1250. [Cao GZ, Lin XL, Yu YT, et al. Corelation analysis of the efficacy of licorice relieving cough and its digital color measurement value[J]. World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2018, 20(7): 1245–1250.] DOI: 10.11842/wst.2018.07.027.
- 18 王皓南, 田滢琦, 刘大会, 等. 中药“辨状论质”的历史、发展与应用 [J]. 中药材, 2021, 44(3): 513–519. [Wang HN, Tian YQ, Liu DH, et al. History, development and application of the traditional Chinese medicine "Quality Evaluation Through Morphological Identification"[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2021, 44(3): 513–519.] DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2021.03.001.
- 19 彭华胜, 张贺廷, 彭代银, 等. 黄芪道地药材辨状论质观的演变及其特点 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(9): 1646–1651. [Peng HS, Zhang HT, Peng DY, et al. Evolution and characteristics of system, assessing quality by distinguishing features of traditional Chinese medicinal materials, of Dao-di herbs of *Astragali Radix*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2017, 42(9): 1646–1651.] DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.2017.0066.
- 20 齐大明, 刘天亮, 杨林林, 等. 不同茬次金银花的性状与成分变化及其相关性 [J]. 中成药, 2022, 44(3): 849–855. [Qi DM, Liu TL, Yang LL, et al. Variations in morphological characters and constituents and their correlations of *Lonicerae japonica* Flos at different yearly blooming time[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(3): 849–855.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2022.03.030.
- 21 杨丽, 冯冲, 蔡苗苗, 等. 基于“辨状论质”的巴戟天药材质量等级评价研究 [J]. 中药材, 2020, 43(3): 640–646. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2020.03.024.
- 22 胡慧芳, 席少阳, 曹后康, 等. 基于辨状论质的蛇床子商品等级质量评价 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(4): 900–907. [Hu HF, Xi SY, Cao HK, et al. Quality evaluation of *Cnidii fructus* in commodity grade based on theory of "quality evaluation through morphological identification"[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2023, 48(4): 900–907.] DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.20221102.102.
- 23 王文雪, 都晓伟, 侯冰妍, 等. 基于“辨状论质”理论对南柴胡外观性状与内在质量的相关性研究 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(7): 1815–1823. [Wang WX, Du XW, Hou BY, et al. Correlations between appearance traits and internal quality of *Bupleurum scorzoniferolium* Willd. roots based on theory of "quality evaluation through morphological identification"[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2023, 48(7): 1815–1823.] DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.20230115.102.

- 24 刘天睿, 金艳, 孟虎彪, 等. 论中药“辨状论质”之辨色泽与品质评价的生物学内涵研究[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(19): 4545–4554. [Liu TR, Jin Y, Meng HB, et al. Biological research of color and quality evaluation in "quality discrimination by character" of Chinese medi[J]. Chinese Materia Medica, 2020, 45(19): 4545–4554.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20200726.102](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20200726.102).
- 25 曹萱, 张雨恬, 伍振峰, 等. 基于“辨状论质”理论对中药炮制火候的科学内涵研究[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(5): 1196–1205. [Cao X, Zhang YT, Wu ZF, et al. Research on the scientific connotation of TCM processing heat based on the theory of "distinguishing form and quality"[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2024, 49(5): 1196–1205.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20231120.302](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20231120.302).
- 26 蒲昕颖, 陈晓娇, 徐雅静, 等. 基于“辨色论质”的红大戟色泽与蒽醌类成分的相关性研究[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(9): 2288–2290. DOI: [10.3969/j.issn.1008-0805.2023.09.70](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-0805.2023.09.70).
- 27 Ma R, Luo J, Qiao M, et al. Chemical composition of extracts from *Dalbergia odorifera* heartwood and its correlation with color[J]. Ind Crop Prod, 2022, 180: 114728. DOI: [10.1016/j.inderop.2022.114728](https://doi.org/10.1016/j.inderop.2022.114728).
- 28 张晓, 吴宏伟, 于现阔, 等. 基于电子眼技术的穿心莲质量评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(1): 189–195. [Zhang X, Wu HW, Yu XK, et al. Quality evaluation of andrographis herba based on electronic-eye technique[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2019, 25(1): 189–195.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20181702](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20181702).
- 29 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. [Tang JC, Qi XJ, Zhao JY, et al. Correlation between appearance traits and internal quality of *Rheum tanguticum* Maxim. ex Balf. based on theory of "Quality Evaluation Through Morphological Identification"[J]. Modern Chinese Medicine, 2023, 25(9): 1887–1894.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20230406001](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20230406001).
- 30 邓怡芳, 程钰洁, 钟志奎, 等. 金樱子蜜制前后 UPLC 指纹图谱与外观颜色的相关性研究[J]. 中药材, 2023, 46(10): 2443–2450. [Deng YF, Cheng YJ, Zhong ZK, et al. Study on the correlation between UPLC fingerprint and appearance color of *Rosae laevigatae* fructus before and after honey processing[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2023, 46(10): 2443–2450.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2023.10.012](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2023.10.012).
- 31 刘振东, 兰金旭, 陈随清. HPLC 结合电子眼技术分析不同采收期的枸橼药材质量[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(20): 5253–5259. [Liu ZD, Lan JX, Chen SQ. Quality analysis of Citri Trifoliatae Fructus in different harvest time by HPLC combined with electronic eye technology[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(20): 5253–5259.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20210720.102](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20210720.102).
- 32 薛淑娟, 车奇涛, 陈随清. 基于“成分-颜色”关联分析地黄药材的质量及体外活性评价[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(11): 2791–2796. [Xue SJ, Che QT, Chen SQ. Analysis of quality and activity evaluation in vitro of Radix Rehmanniae based on component color correlation[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2023, 34(11): 2791–2796.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-0805.2023.11.61](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-0805.2023.11.61).
- 33 于梦婷, 童黄锦, 毛春芹, 等. 基于色泽量化与主要成分含量的不同基原莪术饮片质量识别研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(6): 1393–1400. [Yu MT, Tong HJ, Mao CQ, et al. Study on quality identification of Curcumae Rhizoma from different origins based on quantitative analysis of appearance color and content of main components[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(6): 1393–1400.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20201111.301](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20201111.301).
- 34 王钧楠, 周永峰, 崔园园, 等. 基于抗炎生物效价的甘草传统感官评价科学性研究[J]. 中国现代中药, 2022, 24(6): 1018–1025. [Wang JN, Zhou YF, Cui YY, et al. Scientificity of traditional sensory evaluation of licorice based on anti-inflammatory potency[J]. Modern Chinese Medicine, 2022, 24(6): 1018–1025.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20211201002](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20211201002).
- 35 张三妹, 吴梅, 吴飞, 等. 中药气味的化学成分检测及物质基础研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2023, 35(2): 332–341. [Zhang SM, Wu M, Wu F, et al. Research progress on chemical composition detection and substance basis of odor of traditional Chinese medicine[J]. Nat Prod Res Dev, 2023, 35(2): 332–341.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2023.2.017](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2023.2.017).
- 36 王雅琪, 杨园珍, 伍振峰, 等. 中药挥发油传统功效

- 与现代研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(2): 455–461. [Wang YQ, Yang YZ, Wu ZF, et al. Traditional function and modern research progress on volatile oil in Chinese materia medica[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(2): 455–461.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2018.02.029](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2018.02.029).
- 37 Huang T, Sun Y, Guo Y, et al. Application of HS-SPME-GC-MS combined with electronic nose technology in the odor recognition of pseudostellariae radix[J]. Nat Prod Res, 2023, 37(14): 2457–2460. DOI: [10.1080/14786419.2022.2045488](https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2045488).
- 38 谭鹏, 朱薇, 包晓明, 等. 基于 HS-SPME/GC-QQQ-MS/MS 的冬虫夏草“腥气”辨识方法建立与应用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(7): 100–111. [Tan P, Zhu W, Bao XM, et al. Establishment and application of identification method for fishy odor of cordyceps based on HS-SPME/GC-QQQ-MS/MS[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2021, 27(7): 100–111.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20202149](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20202149).
- 39 魏丽红, 常福瑞, 闫爽, 等. 防风气味与化学成分相关性研究[J]. 中成药, 2024, 46(1): 324–329. DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.056](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.056).
- 40 刘阿静, 王娟, 王新潮, 等. 基于电子鼻技术对当归整体气味与其主要化学成分相关性的分析研究[J]. 质量安全与检验检测, 2022, 32(2): 5–8, 51. [Liu AJ, Wang J, Wang XC, et al. Analysis and study on the correlation between total odor and main chemical components of angelica sinensis based on electronic nose technology[J]. Quality Safety Inspection and Testing, 2022, 32(2): 5–8, 51.] <http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107198312>.
- 41 梅桂林, 陈娜, 姚洁, 等. 基于电子鼻技术的白术气味与内酯类成分的相关性研究[J]. 皖西学院学报, 2020, 36(5): 81–85. DOI: [10.3969/j.issn.1009-9735.2020.05.017](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-9735.2020.05.017).
- 42 王晓宇, 赵军宁, 吴萍, 等. 基于电子鼻技术对川姜黄整体气味与主要化学成分相关性的初步研究[J]. 中药材, 2019, 42(12): 2850–2855. [Wang XY, Zhao JN, Wu P, et al. Preliminary study on the correlation between overall odor and main chemical compositions of Sichuan curcuma longa based on electronic nose technique[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2019, 42(12): 2850–2855.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2019.12.022](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2019.12.022).
- 43 Qin Y, Li M, Zhang J, et al. Characterization and intrinsic quality correlation of raw and vinegar-processed Curcumae radix[J]. J Pharm Biomed Anal, 2023, 232: 115329. DOI: [10.1016/j.jpba.2023.115329](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2023.115329).
- 44 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. [Ran JC, Yoshimitsu M, Qin WH, et al. Study on the digitalization and grade of the odor of Coptis chinensis produced in Shizhu[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2024, 39(1): 58–64.] DOI: [10.13375/j.cnki.wcjps.2024.01.012](https://doi.org/10.13375/j.cnki.wcjps.2024.01.012).
- 45 董彩虹, 胡少伟, 田广环, 等. 基于电子鼻与 GC-MS 技术的鲜、干鱼腥草的比较研究及腥味成分相关性分析[J]. 中国药物警戒, 2023, 20(12): 1368–1374, 1381. [Dong CH, Hu SW, Tian GH, et al. Comparative study of fresh and dried houttuynia based on the electronic nose and GC-MS technique and correlations between "fishy odor" components[J]. Chinese Journal of Pharmacovigilance, 2023, 20(12): 1368–1374, 1381.] DOI: [10.19803/j.1672-8629.20230056](https://doi.org/10.19803/j.1672-8629.20230056).
- 46 陈建真, 陈建明. 中药五味与化学成分及作用关系探讨[J]. 浙江中医学院学报, 1993, (4): 9–10. <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-BHON199304005.htm>.
- 47 李向高, 刘大有. 试谈中药“四气五味”理论的物质基础[J]. 吉林中医药, 1979, (4): 64–70. DOI: [10.13463/j.cnki.jlzyy.1979.04.027](https://doi.org/10.13463/j.cnki.jlzyy.1979.04.027).
- 48 张玲, 李宗金, 张亚莉, 等. 木瓜“酸味”与有机酸成分的相关性研究[J]. 中成药, 2023, 45(2): 476–482. [Zhang L, Li ZJ, Zhang YL, et al. Correlation between sour taste and organic acids of Chaenomelis fructus[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2023, 45(2): 476–482.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2023.02.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2023.02.023).
- 49 Kong D, Zhang Y, Li X, et al. The material basis of bitter constituents in carbonized Typhae pollen, based on the integration strategy of constituent analysis, taste sensing system and molecular docking[J]. J Pharm Biomed Anal, 2024, 242: 116028. DOI: [10.1016/j.jpba.2024.116028](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2024.116028).
- 50 荆文光, 赵小亮, 张权, 等. 基于电子舌和多成分定量技术的厚朴“苦味”药性物质基础研究[J]. 中国现代中药, 2022, 24(2): 258–264. [Jing WG, Zhao XL, Zhang Q, et al. Material basis of "Bitterness" medicinal properties of Magnoliae officinalis cortex based on electronic tongue and multi-component quantitative technology[J]. Modern

- Chinese Medicine, 2022, 24(2): 258–264.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20201026007](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20201026007).
- 51 王晓宇, 郭俊霞, 吴萍, 等. 基于电子舌技术的川芎味觉信息与主要化学成分相关性研究 [J]. 中药材, 2020, 43(1): 34–41. [Wang XY, Guo JX, Wu P, et al. Study on the correlation between taste information and main chemical compositions of Ligusticum Chuanxiong based on electronic tongue technology[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2020, 43(1): 34–41.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2020.01.008](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2020.01.008).
- 52 魏子路, 阿卜杜热依木阿丽娅, 孙秀岩, 等. 基于味觉信息和化学成分的“谱味”关系挖掘白术苦味物质基础 [J]. 分析测试学报, 2023, 42(8): 952–959. [Wei ZL, Ariya A, Sun X Y, et al. Exploration on bitter substance basis of atractylodes macrocephala rhizoma based on the "Spectral Taste" relationship between taste information and chemical components[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2023, 42(8): 952–959.] DOI: [10.19969/j.fxcxb.23032302](https://doi.org/10.19969/j.fxcxb.23032302).
- 53 楚越, 李焯, 雷婧萱, 等. 栀子炒焦前后 HPLC 多成分含量测定及性味数字化关联分析 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(6): 3416–3422. [Chu Y, Li Y, Lei JX, et al. HPLC multi-component content determination of Fructus gardeniae before and after stir-fried and correlation analysis of digital traits[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2022, 37(6): 3416–3422.] <http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107678732>.
- 54 朱丽丽. 基于色谱和电子舌技术研究桔梗苦味物质的组成 [D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2024. DOI: [10.26922/d.cnki.ganzc.2020.000416](https://doi.org/10.26922/d.cnki.ganzc.2020.000416).
- 55 吴杭莎, 杜伟锋, 吕悦, 等. 感官技术在中药饮片质量识别中的研究进展 [J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(4): 1702–1705. [Wu HS, Du WF, Lv Y, et al. Research progress of sensory technology in quality identification of Chinese herbal pieces[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2023, 38(4): 1702–1705.] https://www.zhangqiaokeyan.com/academic-journal-cn_detail_thesis/02012106873876.html.
- 56 刘瑞新, 郝小佳, 张慧杰, 等. 基于电子眼技术的中药川贝母真伪及规格的快速辨识研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(14): 3441–3451. [Liu RX, Hao XJ, Zhang HJ, et al. A rapid identification of authenticity and specifications of Chinese medicine Fritillariae Cirrhosae Bulbus based on E-eye technology[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(14): 3441–3451.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20200601.301](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20200601.301).
- 57 拱健婷, 关佳莉, 李莉, 等. 基于电子鼻技术的黄精霉变快速无损鉴别研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2023, 37(2): 17–22. [Gong JT, Guan JL, Li L, et al. Rapid and nondestructive recognition of moldy Rhizoma polygonatum using electronic nose[J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2023, 37(2): 17–22.] DOI: [10.13728/j.1673-6427.2023.02.004](https://doi.org/10.13728/j.1673-6427.2023.02.004).
- 58 袁铭君, 张恬, 黄晓, 等. 不同霉变程度蟾皮气味检测及表面真菌研究初探 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2022, (23): 20–24, 132–133. [Yuan MJ, Zhang T, Huang X, et al. Preliminary study on odor detection and surface fungi of toad skin with different mildew degrees[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary, 2022, (23): 20–24, 132–133.] DOI: [10.13881/j.cnki.hljxmsy.2022.03.0223](https://doi.org/10.13881/j.cnki.hljxmsy.2022.03.0223).
- 59 拱健婷, 赵丽莹, Bauer R, 等. “辨状论质”看中药材苦杏仁走油 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(23): 4375–4381. DOI: [10.4268/cjcm.20162314](https://doi.org/10.4268/cjcm.20162314).
- 60 陈慧荣. 基于颜色气味数字化及信息融合的苦杏仁走油监测系统的研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2019. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10026-1019153462.htm>.
- 61 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. [Chen QP, Xie Q, Li WY, et al. Research progress and prospect on quality grade standards of Chinese medicinal materials and TCM decoction pieces[J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 57(1): 87–95.] DOI: [10.16305/j.1007-1334.2022.2207040](https://doi.org/10.16305/j.1007-1334.2022.2207040).
- 62 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. [Jing WG, Cheng XL, Liu A, et al. Research on grade classification and high quality and superior effect of Magnolia officinalis decoction pieces based on "quality evaluation through morphological identification" and comprehensive evaluation index [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(8): 2285–2293.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2021.08.011](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2021.08.011).
- 63 Kiani S, Rahimzadeh H, Kalantari D, et al. Aroma modeling and quality evaluation of spearmint (*Mentha spicata* subsp. *spicata*) using electronic nose technology

- coupled with artificial intelligence algorithms[J]. *J Appl Res Med Aroma*, 2023, 35: 100473. DOI: [10.1016/j.jarmap.2023.100473](https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100473).
- 64 刘书斌, 杨晓玲, 李喜香, 等. 基于性状鉴别与灰色关联法对不同规格大黄饮片质量比较研究[J]. *甘肃中医药大学学报*, 2022, 39(2): 1–6. [Liu SB, Yang XL, Li XX, et al. Comparative study on quality of Rhei radix et rhizoma decoction pieces with different specifications based on macroscopic identification and grey relational analysis[J]. *Journal of Gansu University of Chinese Medicine*, 2022, 39(2): 1–6.] DOI: [10.16841/j.issn1003-8450.2022.02.01](https://doi.org/10.16841/j.issn1003-8450.2022.02.01).
- 65 郭超伟, 徐文丽, 徐荣, 等. 基于“辨状论质”综合评价指数的拳参药材规格等级标准研究[J/OL]. *中华中医药学刊*, 2023–11–14. [Guo CW, Xu WL, Xu R, et al. Research on grade classification of based on Polygonum bistorta based on "quality evaluation through morphological identification" and comprehensive evaluation index[J/OL]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2023–11–14.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-ZYHS202409046.htm>.
- 66 刘锦芮, 赖长江生, 梁嫌, 等. 中药采收期的机理与控制方法的研究进展[J]. *中药材*, 2022, 45(8): 2019–2025. DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2022.08.044](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2022.08.044).
- 67 崔治家, 夏鹏飞, 张启立, 等. 电子鼻技术区分不同产地不同采收时间不同处理方法的枸杞子研究[J]. *时珍国医国药*, 2019, 30(9): 2163–2166. [Cui ZJ, Xia PF, Zhang QL, et al. Study on distinction of Lycii fructus from different habitats and different harvest time and different processing methods based on electronic nose[J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2019, 30(9): 2163–2166.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-0805.2019.09.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-0805.2019.09.037).
- 68 张久旭. 基于质—效关联的黄连采收加工方法研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2019. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10026-1019141280.htm>.
- 69 裴建国, 刘婧, 付小梅, 等. 不同采收期栀子颜色与其3类有效成分相关性研究[J]. *中药材*, 2017, 40(10): 2280–2285. [Pei JG, Liu J, Fu XM, et al. Correlation between color values and compounds of Gardeniae fructus in different harvest period[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2017, 40(10): 2280–2285.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2017.10.009](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2017.10.009).
- 70 Qin Y, Zhao Q, Zhou D, et al. Application of flash GC e-nose and FT-NIR combined with deep learning algorithm in preventing age fraud and quality evaluation of pericarpium citri reticulatae[J]. *Food Chem X*, 2024, 21: 101220. DOI: [10.1016/j.fochx.2024.101220](https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101220).
- 71 李倩, 何芳, 艾青青, 等. 模拟加速实验研究大黄贮藏过程中颜色变化与药效成分的相关性[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2019, 25(23): 139–144. [Li Q, He F, Ai QQ, et al. Simulated accelerated test to study correlation between color change in storage and medicinal ingredients of Rhei radix et rhizoma[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2019, 25(23): 139–144.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20191412](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20191412).
- 72 马美杰, 刘孟祥, 薛淑娟, 等. 加速实验过程牛膝成分含量与颜色值相关性研究[J]. *中药材*, 2022, 45(3): 579–585. [Ma MJ, Liu MX, Xue SJ, et al. Correlation study between component content and color value of Achyranthis bidentatae radix during accelerated test[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2022, 45(3): 579–585.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2022.03.012](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2022.03.012).
- 73 赵丽莹. 基于电子鼻技术苦杏仁“走油”预警模型的建立[D]. 北京: 北京中医药大学, 2017. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10026-1017201343.htm>.
- 74 Zhang K, Wang J, Fan X, et al. Discrimination between raw and ginger juice processed Magnoliae officinalis cortex based on HPLC and Heracles NEO ultra-fast gas phase electronic nose[J]. *Phytochem Anal*, 2022, 33(5): 722–734. DOI: [10.1002/pca.3123](https://doi.org/10.1002/pca.3123).
- 75 Fei C, Ren C, Wang Y, et al. Identification of the raw and processed Crataegi Fructus based on the electronic nose coupled with chemometric methods[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 1849. DOI: [10.1038/s41598-020-79717-w](https://doi.org/10.1038/s41598-020-79717-w).
- 76 杨靖涵, 高杰, 孙立丽, 等. 基于电子鼻技术结合网络药理学分析半夏不同炮制品的气味差异标志物[J]. *中南药学*, 2024, 22(2): 383–391. [Yang JH, Gao J, Sun LL, et al. Odor differential markers for different processed products of Pinelliae rhizoma by electronic nose combined with network pharmacology[J]. *Central South Pharmacy*, 2024, 22(2): 383–391.] DOI: [10.7539/j.issn.1672-2981.2024.02.017](https://doi.org/10.7539/j.issn.1672-2981.2024.02.017).
- 77 王宏贤, 史可, 王春燕, 等. 白术清炒过程中颜色变化与5-羟甲基糠醛的相关性分析及拐点研究[J]. *中医药信息*, 2024, 41(2): 9–15. [Wang HX, Shi K, Wang CY, et al. Correlation analysis between color change

- and 5-HMF and study on processing inflection point in the plain stir-frying process of white atractylodes[J]. Information on TCM, 2024, 41(2): 9–15.] DOI: [10.19656/j.cnki.1002-2406.20240202](https://doi.org/10.19656/j.cnki.1002-2406.20240202).
- 78 荆文光, 张权, 程显隆, 等. 基于电子鼻、电子舌技术的姜厚朴炮制机理探讨[J]. 河北工业科技, 2021, 38(5): 414–422. [Jing WG, Zhang Q, Cheng XL, et al. Discussion on the processing mechanism of ginger *Magnoliae officinalis* cortex based on electronic nose and tongue technology[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2021, 38(5): 414–422.] DOI: [10.7535/hbgykj.2021yx05010](https://doi.org/10.7535/hbgykj.2021yx05010).
- 79 黄学思, 李文敏, 张小琳, 等. 基于色彩色差计和电子鼻的槟榔炒制火候判别及其指标量化研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(14): 1786–1791. [Huang XS, Li WM, Zhang XL, et al. Discriminating processed betelnuts degree of stir-frying and quantizing empirical index based on color difference meter and electronic nose fingerprint analyzer[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(14): 1786–1791.] DOI: [10.3321/j.issn:1001-5302.2009.14.009](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-5302.2009.14.009).
- 80 孙静, 孙艺璇, 尹贻慧, 等. 基于形性、化学、生物活性相关联优选黄芩炭炮制终点[J]. 中医药导报, 2023, 29(10): 43–49. [Sun J, Sun YX, Yin YH, et al. Optimization of the processing endpoint of *Scutellariae radix carbonisatum* based on the correlation analysis of morphological, chemical and biological activities[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2023, 29(10): 43–49.] DOI: [10.13862/j.cn43-1446/r.2023.10.008](https://doi.org/10.13862/j.cn43-1446/r.2023.10.008).
- 81 姜宇, 栾雅格, 黄蓉, 等. 不同炮制程度的酒炖和清蒸地黄性状、成分对比研究[J]. 中国现代中药, 2023, 25(9): 1957–1965. [Jiang Y, Luan YG, Huang R, et al. Comparative analysis of characters and components of wine-stewed and steamed *Rehmanniae radix* with different processing degrees[J]. Modern Chinese Medicine, 2023, 25(9): 1957–1965.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20230104006](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20230104006).

收稿日期: 2024 年 05 月 13 日 修回日期: 2024 年 08 月 19 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳