

中图分类号: R917 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2026)04-0148-04
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2026.04.030



色度学在中药质量评价中的应用进展*

田景民, 侯雅卓, 齐晓, 何静, 张英[△]

(内蒙古医科大学药学院, 内蒙古呼和浩特 010110)

摘要:目的 探讨色度学在中药质量评价中的应用现状。方法 系统检索 Web of Science、PubMed、中国知网和万方数据库自建库起至2025年2月关于色度学分析方法, 中药颜色与化学成分、炮制及药效的相关文献, 进行归纳, 并总结影响中药色泽的因素。结果 中药颜色与其有效成分含量密切相关, 传统的颜色鉴别主要依赖经验, 主观性强, 表述模糊。色度学分析可使颜色的测量标准化, 国际照明委员会(CIE)定义的 $L^*a^*b^*$ 颜色空间及色差公式已成为国际通用的测色标准, 可根据各色度值来评价药材的质量。实际生产中可依据中药色度值确定最佳炮制方法、终点, 炮制后药效及贮藏时间。中药色泽的影响因素主要包括炮制方式、贮藏时间、氧化反应、采收期、产地与加工等, 引用色度学进行量化时须统一采集颜色样本及变量, 以减小误差。结论 基于色度学理论, 可通过药材颜色评价药材质量。该研究可为通过中药颜色控制中药材质量提供参考。

关键词:色度学; 中药; 有效成分; 炮制; 质量评价

Application Progress of Colorimetry in the Quality Evaluation of Traditional Chinese Medicine

TIAN Jingmin, HOU Yazhuo, QI Xiao, HE Jing, ZHANG Ying[△]

(College of Pharmacy, Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia 010110, China)

Abstract: Objective To investigate the current application status of colorimetry in the quality evaluation of traditional Chinese medicine (TCM), and to provide a reference for the quality control of TCM through color assessment. **Methods** Relevant literatures on colorimetric analysis methods, TCM color and chemical components, processing procedures as well as pharmacological effects were systematically retrieved and summarized from Web of Science, PubMed, CNKI and WanFang databases from the establishment of the database to February 2025, and the factors affecting the color of TCM were summarized. **Results** The color of TCM is closely related to the content of its active ingredients. Traditional color identification mainly relies on experience, which is subjective and vague. Colorimetric analysis can standardize color measurement. The $L^*a^*b^*$ color space and color difference formula defined by the International Commission on Illumination (CIE) have become internationally accepted color measurement standards, and the

* 基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金[2021LHMS08052]; 内蒙古自治区教育科学规划一般课题[NGJGH2025211]; 内蒙古医科大学博士启动基金项目[YKD2020BSJJ012]; 内蒙古医科大学“创客培育”项目[101322025130]; 内蒙古医科大学思想政治工作精品培育项目。

第一作者: 田景民, 男, 汉族, 硕士, 讲师, 研究方向为中药资源综合利用, (电子信箱)294846508@qq.com。

[△]通信作者: 张英, 女, 蒙古族, 博士, 副教授, 研究方向为中蒙药炮制及微生物与生化药学, (电子信箱)20070176@immu.edu.cn。

- deterioration and recovery of health status of patients undergoing lung surgery[J]. Thorac Cancer, 2022, 13(4): 613-623.
- [11] 杨露露, 曲木诗玮, 司徒炫明, 等. 慢性阻塞性肺疾病稳定期患者六分钟步行试验诱导的运动性低氧的预测方法研究[J]. 中国全科医学, 2022, 25(2): 212-216.
- [12] 张桂芳, 刘真亚, 朱新兰, 等. 思维导图联合微视频健康教育对脑卒中合并房颤患者遵医行为的效果评价[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31(5): 503-506.
- [13] 刘薇芝, 李玲, 吴菁, 等. 中国居家药学服务的文献计量学研究及可视化分析[J]. 中国医院药学杂志, 2022, 42(24): 2670-2675.
- [14] 计成, 代晶, 李林通, 等. 临床药师参与的多学科协作全院血糖管理模式介绍与效果评价[J]. 中国药房, 2022, 33(17): 2152-2156.
- [15] 温嘉瑶, 邓小莹, 倪穗琴, 等. 药学监护路径对聚乙二醇化重组人粒细胞刺激因子用药合理性的影响[J]. 中国医院药学杂志, 2023, 43(18): 2076-2080.
- [16] 王洁萍, 彭娟, 张斐雪, 等. 心肺联合运动测试指导下不同强度四肢联动训练对慢性阻塞性肺疾病稳定期患者个体化心肺功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(7): 954-960.
- [17] 李建生, 谢洋, 王佳佳, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者疗效满意度问卷修订版研制与评价[J]. 中国全科医学, 2022, 25(22): 2796-2803.
- [18] 连玉菲, 邱学佳, 杨警因, 等. 基于药物治疗管理的慢性阻塞性肺疾病患者哮喘药门诊服务实践[J]. 中国医院药学杂志, 2023, 43(5): 555-560.
- [19] 吴丹娜, 吴琼诗, 韩方璇. 临床药师对心血管围术期发生肝素诱导性血小板减少症的用药监护[J]. 中国医院药学杂志, 2023, 43(5): 584-587.
- [20] 韩亚珠, 张红煜, 杜亚杰, 等. 2型糖尿病合并慢性肾脏病患者实施药学监护的前瞻性队列研究[J]. 中国医院药学杂志, 2023, 43(13): 1430-1434.

(收稿日期: 2025-03-26; 修回日期: 2025-11-13)

quality of medicinal materials can be evaluated based on various colorimetric values. In actual production, colorimetric values of TCM can be used to determine the optimal processing methods and endpoints, as well as to evaluate the post-processing efficacy and storage period of TCM. The main factors affecting the color of TCM include processing methods, storage time, oxidation reactions, harvesting periods, origin and processing, and so on. When applying colorimetry for quantitative analysis, it is necessary to unify the collection standards of color samples and variables to reduce errors. **Conclusion** Based on colorimetry theory, the quality of medicinal materials can be evaluated by their color characteristics. This study can provide a reference for quality control of TCM materials through color indicators.

Key words: colorimetry; traditional Chinese medicine; active ingredient; processing; quality evaluation

随着中药材质量控制方式多样性发展,中药色泽与中药质量之间的关系也引起了人们的关注。古代已总结出根据颜色评价药材质量的方法,即“辨色论质”。如《本草纲目》^[1]记载,“牡丹皮以色丹者为上”。《新编中药志》^[2]记载,“甘草以皮细紧、色红棕、断面黄白色、粉性足者为佳”。表明中药颜色与中药有效成分之间存在相关性,但传统对中药颜色的描述会受主观影响,无客观数据的支撑,难以实现量化和标准化。近年来,随着色度测量技术的发展,中药的外观、色泽被发现可利用机器视觉技术来客观描述。在此,根据色度学原理分析依据中药颜色进行质量鉴定的应用现状和研究进展,以期通过中药颜色控制中药材质量提供参考。

1 色度学分析方法的概况

颜色空间是一种用于色彩数字化表征与量化分析的技术体系^[3]。色度学是研究人的颜色视觉规律、颜色测量的理论与技术的交叉学科,起源于20世纪初,为客观、量化的色彩描述提供科学依据和建立统一标准。随着色度学发展,形成了一套颜色测量的基本原理和色度参数的计算方法,通过定义三刺激值(含色度坐标、彩度及明度等参数)的计算方法,将样品颜色特征转化为标准化数值指标,形成色度图和颜色空间,可实现对颜色的精确量化分析与可视化表征^[4-5]。1976年国际照明委员会(CIE)公布的 $L^*a^*b^*$ (L^* 代表明度, a^* 和 b^* 分别代表红绿色度值及黄蓝色度值)颜色空间及色差公式是目前最常用的均匀颜色空间理论,已成为国际通用的测色标准^[6-7]。 $L^*a^*b^*$ 基于人类色感的三变色彩空间,具有能从彩色信息中分离非彩色信息、均衡的彩色空间、与人类视觉相似性强3个主要特征^[8]。

2 中药颜色与化学成分的相关性

色泽特征是中药经验鉴别的主要内容之一,在一定程度上可间接反映其品质的优劣,而颜色的外观指标值与化学成分的含量关联也逐渐成为质量评价的一种手段^[9]。例如,大黄的主要有效成分为蒽醌类衍生物,大多数是黄色的结晶体,故该药材以色黄者为佳^[10]。丹参因其脂溶性有效成分(如丹参酮类)多为红色的菲醌类衍生物^[11],故传统认为以色红者为佳。龙胆药材质-色

关联性研究表明,龙胆外观色泽与其生物活性成分标志物龙胆苦苷相关,其中浅黄色泽样本(优质品)中龙胆苦苷含量普遍高于深色样本(传统加工成品)^[12]。黄芩外观颜色与其有效成分黄芩苷的含量相关,且颜色为深棕黄色时,黄芩苷含量较高,质量相对较好^[13]。通过对青黛药材中靛蓝、靛玉红含量及青黛粉末、提取液色度值分别进行相关性分析后发现,靛蓝、靛玉红含量与 L^* 值和 a^* 值的相关性较大,且靛蓝、靛玉红含量与粉末色度值的相关性大于其与提取液色度值的相关性,靛蓝、靛玉红与青黛粉末的 L^* 值呈负相关,与 a^* 呈正相关,结果表明, L^* 值越小, a^* 值越大,则靛蓝、靛玉红的含量越高^[14]。胡静等^[15]通过对西红花色度值测定发现,粉末色度值与苷类含量有明显的相关性,在一定程度上 L^* 、 a^* 、 b^* 值越大,即明度和色调越高,其苷类成分含量越高,表明色泽红亮的西红花质量更佳。熊乐文等^[16]对金银花色度值测定分析得出颜色与金银花的药效成分之一酚酸类物质具有极显著相关性。ZHANG等^[17]使用4种方法提取陈皮中黄酮类和挥发油化合物,并利用电子舌等仪器进行分析,判断陈皮颜色、味道、气味的成分来源,结合定量结果分析不同方式的提取效率,确定了陈皮的最优提取工艺。由此可见,中药的颜色与其有效成分的含量关系密切,可根据颜色来评价药材的质量。但中药颜色受药材的炮制方式、贮藏时间等方面不同影响,会呈现不同的变化,进而影响药材质量。

3 中药色泽的影响因素

3.1 炮制方式

药材本身的颜色可作为一项鉴定标准,如玄参色黑,黄连色黄,丹参色红,但饮片经过炮制会失去药材本身的颜色,而炮制条件不同,呈现的颜色也不同,如金银花的加工品分晒货和烘货,其中晒货一等品的颜色为黄白色,二等品为浅黄色;烘货中一等品为青绿色,二等品为绿白色^[18]。仅用白矾浸泡过的清半夏为白色,而用生姜切片熬汤和白矾浸泡过的姜半夏则为黄色^[19]。传统的中药炮制过程及炮制终点的判断,大多依靠古书记载描述和临证经验,存在主观因素,且对于某些需要依靠颜色判断炮制终点的中药,存在颜色程度

描述界限模糊的情况。色度值可作为评价饮片质量的判据之一,基于色度学原理能准确评价中药炮制的最佳条件及中药炮制的终点,更好地控制药材的质量。随着技术的进步,利用色度学原理可实现中药炮制的客观化和准确化^[20]。

中药颜色与最佳炮制条件:利用色差仪测定不同炮制时间的荆芥炭的色度值^[21],发现炮制 18 min 以上的荆芥炭饮片的总色差值(ΔE) > 12,2020年版《中国药典(一部)》^[22]中规定 $\Delta E \geq 12$ 即符合荆芥炭炮制的外观颜色。且随着炮制时间的延长,橙皮苷、迷迭香酸、胡薄荷酮的含量逐渐降低,故确定荆芥炭的最佳炮制时间为 18 min。炒白芍炮制实验过程中^[23],饮片颜色为浅黄色时测得芍药苷含量为 0.94%,黄色时为 0.82%,棕色时为 0.55%,随着颜色的加深,芍药的有效成分芍药苷含量逐渐降低。甄臻等^[24]通过建立色度值、炮制时间、炮制温度的回归方程,确定了山药的最佳炮制方法。可见,根据色度值可推断药材是否已达到最佳的炮制条件,以保证其质量。

中药颜色与炮制后药效:目前,研究者对中药质量的鉴定多集中在其有效成分的变化及颜色与成分的关系,而关于颜色对临床药效影响的研究较少^[25]。通过对饮片颜色的分析,可了解炮制品与生药材之间的联系与区别,从而发挥同一药材不同炮制方法下的不同的功效。基于颜色对大黄炭^[26]样品 14 种成分色谱图分析,检测大黄炭炮制“适中”的样品,发现结合型蒽醌和番泻苷作为发挥泻下作用的主要成分,含量极低,这说明炭化抑制了大黄的泻下作用。张语凡等^[27]对制何首乌粉末的色度值进行检测,并与生何首乌对比,结果显示,随着炮制时间延长,与生品相比,炮制品色差值 ΔE 逐渐增大,随着炮制程度的改变,何首乌饮片粉末 ΔL^* 值与 b^* 值变化较明显, Δa^* 值基本不变, Δb^* 值为 0~20,可通过色度值分析准确区别炮制品和生品。门宇凤等^[28]采用 7 种方法对白芍进行炮制,结果发现,白芍颜色与药效成分的总量呈负相关($r = -0.399$),总趋势为颜色越白,药效成分的总量越低。

3.2 贮藏时间

谢晋等^[29]通过测量不同贮藏时间牡丹皮的色度值发现,牡丹皮的颜色与贮存时间、丹皮酚含量显著相关,贮藏时间越长,颜色越向红色偏移。欧阳少琴等^[30]基于粉末颜色和剖面颜色及气味融合信息建立苦杏仁质量预测模型,发现在相同的存储条件下贮藏时间越长,其走油程度越高。宋文惠等^[31]采用高效液相色谱法检测大黄的主要有效成分(如大黄素)含量,发现大黄应在贮藏 1~2 年内使用效果最佳,此时大黄素含量较高,之后极易发生虫蛀,有效成分含量明显下降。

3.3 氧化反应

有些药材中含有的某些化学成分易被氧化,故此类药材均需密封保存。例如,枸杞中的多酚类物质化学性质活泼,其酚羟基易被氧化而导致颜色增加^[26]。大黄药材在模拟加速试验贮藏过程中,鞣质类成分对颜色影响显著,推测与鞣质类成分含有的较多酚羟基可与空气中的氧气反应而自动氧化、聚合有关^[32]。

3.4 采收期

霜降之后采收的栀子为黄红色或红色,此时质量最佳,霜降之前为绿色和浅黄色^[33]。金银花在不同发育时期,发育过程中酚酸类、黄酮类化合物量与明度呈显著正相关,酚酸类、黄酮类和环烯醚萜类成分量均与褐变指数呈极显著负相关。酚酸类、黄酮类化合物量在二白期、大白期较高,环烯醚萜类化合物在大白期、银花期较高,从活性成分量结果考虑,金银花的最佳采收期为每茬花的大白期^[34]。

3.5 产地与加工

蔡晓洋等^[35]采用分光测色计分析不同产地栀子的颜色差异,发现江西产栀子在红绿程度上红色程度最高且在黄红色相上占红色比例最大,从颜色上论证了江西道地药材栀子的“色红”特征。李彩虹等^[36]对多花黄精生品分别进行自然变温干燥,60℃恒温干燥和 105℃恒温干燥,发现多花黄精生品在自然变温干燥下呈现姜黄色,在 60℃干燥下呈现姜黄色而在 105℃下显棕红色,可知干燥温度过高会使药材部分炭化,影响药材质量。

4 小结

综上所述,通过运用色度学原理对颜色的客观测量,在实际应用中可从“辨色论质”的主观理论上增添客观评价药材质量的方法,完善了传统通过中药颜色评价药材质量的方式,为传统性状客观量化奠定了基础。基于色度学原理的颜色分析方法可有效鉴别药材,评价药物的质量,建立中药炮制工艺的标准,以及实现药物制剂产品在线管理。最终通过多元统计技术可全面反映药材的色度与其中的化学成分之间的关联性,为明确根据外观性状特点判断药材质量的科学性,根据药材色泽预测药材其内在有效成分的含量,以及中药材多样化质量控制方式提供参考。通过药材颜色评价药材质量时,对颜色程度的描述较模糊,虽然可引用色度学进行量化,但各种机器视觉技术要求较高,尚未广泛使用,此外,色差仪等机器视觉系统所测定的颜色值均为当时设定环境下的颜色值,并不能完全代表被测物的真实颜色值,更换光源或环境条件的改变就能导致颜色量化值的差异^[37]。因此,必须统一采集颜色样本进行分析。此外,药材颜色受炮制方式、贮藏时间、产

地、加工方式、采收时间、环境等影响,因此,颜色相关变量多样,进行研究时必须控制变量,以减小误差。建立药材色度-化学成分关联性质量控制方法,为推动中药性状鉴定向客观准确性、科学性方向的发展提供了依据,具有重大意义。中药外观色泽的客观量化,有望建立一套具有中医药特色的中药质量评价方法,为中药现代化提供新思路^[1]。未来可以进一步从药效层面考察颜色对品质的影响,更好地控制药材质量。

参考文献

- [1] 李时珍. 本草纲目[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社, 2004:1.
- [2] 肖培根. 新编中药志[M]. 北京:化学工业出版社, 2002: 20-23.
- [3] REINHARD E, ADHIKHMIM M, GOOCH B, et al. Color transfer between images [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21(5):34-41.
- [4] 汤顺青. 色度学[M]. 北京:北京理工大学出版社, 1990: 34-35.
- [5] 王蓉,袁心强. 翡翠颜色色度学测量的可行性研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 2007(2):20-24.
- [6] 李东辉,王临艳,吴红伟,等. 基于分光测色仪探析中药质量[J]. 解放军医药杂志, 2020, 32(11):109-112.
- [7] 孙义敏,李月兴,王菁华,等. 蔓越莓花青素在酸性偏硅酸矿泉水中的CIELab颜色空间特征[J]. 国土与自然资源研究, 2024(6):94-96.
- [8] 孟庆安,刘恩顺. 实现中药颜色客观化表达的研究思路探讨[J]. 天津中医药, 2014, 31(11):696-699.
- [9] 符海郊,张倩睿,吴方建. 现代分析技术用于中药质量控制研究进展[J]. 中国药业, 2019, 28(22):96-99.
- [10] 王宁. 谈中药材的颜色与质量[J]. 中药材科技, 1984(3):41-42.
- [11] 王海,严铸云,沈昱翔,等. 丹参药材的颜色特征与有效成分的相关性研究[J]. 中药新药与临床药理, 2014, 25(3): 333-338.
- [12] 宿莹,李翟,侯晓琳,等. 基于色差原理分析龙胆有效成分含量与颜色的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(13):151-156.
- [13] 武艳雪,翁丽丽,姜雨昕,等. 基于色差原理分析黄芩化学成分含量与色度相关性[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(8):2839-2844.
- [14] 刘娟汝,刘晓梅,刘雨诗,等. 基于色度分析原理的青黛有效成分含量与其色度值的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(23):165-170.
- [15] 胡静,唐小慧,饶桦静,等. 西红花色泽与化学成分含量的相关性分析[J]. 中药材, 2018, 41(8):1918-1922.
- [16] 熊乐文,金莹,黄玮慕,等. 金银花色泽与酚酸类成分含量相关性研究[J]. 中成药, 2022, 44(8):2736-2739.
- [17] ZHANG HJ, CUI JF, TIAN GF, et al. Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel [J]. Food Chem, 2019, 289:340-350.
- [18] 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.
- [19] 崔美娜,钟凌云,兰泽伦,等. 法半夏多物料多流程炮制工艺及饮片色泽研究[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(2): 1051-1055.
- [20] 戴幸星,谭鹏,杜红,等. 中药炮制火候“色”的量化表征及其在实验课教学改革中的应用[J]. 中医教育, 2023, 42(5):88-92.
- [21] 田甜,彭帮贵,徐杰,等. 不同炮制时间的荆芥炭色度值与多项指标的相关性研究[J]. 中国药房, 2021, 32(12): 1466-1472.
- [22] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2020:244.
- [23] 李甫泉,白音夫. 白芍炮制的色泽与芍药苷含量关系[J]. 中国民族医药杂志, 2005(5):44.
- [24] 甄臻,王杨,魏海峰,等. 基于颜色变化的麸炒山药质量标准及炮制工艺探究[J]. 中成药, 2021, 43(3):816-819.
- [25] 王佳宇,马千里,王月珍,等. 颜色改变对中药枸杞品质影响的研究概况[J]. 现代食品, 2020(19):35-37.
- [26] 杨丽,龚焱婷,许铭珊,等. 基于“表里关联”的大黄炭炮制过程颜色和成分变化关系研究[J]. 中草药, 2020, 51(22): 5705-5713.
- [27] 张语凡,相乐康,王鑫,等. 结合传统性状客观化分析何首乌不同炮制方式与炮制程度的色彩色差[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(20):1-7.
- [28] 门宇凤,马越,于涵,等. 白芍药材不同加工方法与其质量的相关性研究[J]. 中草药, 2020, 51(8):2214-2220.
- [29] 谢晋,彭华胜,张群林,等. 基于颜色特征的牡丹皮贮藏年限鉴别及质量评价研究[J]. 中药材, 2016, 39(6):1232-1235.
- [30] 欧阳少琴,陈慧荣,拱健婷,等. 基于颜色气味信息融合的苦杏仁走油程度判别分析与质量预测模型建立[J]. 中草药, 2023, 54(12):3806-3814.
- [31] 宋文惠,边军昌,刘勤社. 中药大黄不同储存时期内的有效成分含量研究[J]. 陕西中医, 2014, 35(7):913-914.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 王玲娜,孙希芳,张芳,等. 不同发育时期金银花颜色与活性成分的相关性分析[J]. 中草药, 2017, 48(15):3182-3188.
- [35] 蔡晓洋,刘聪,李敏. 不同产地栀子颜色差异比较研究[J]. 中药与临床, 2023, 14(6):1-4.
- [36] 李彩红,杨昊法,孙璟怡,等. 干燥温度对多花黄精药材品质的影响[J]. 中南农业科技, 2023, 44(6):105-108.
- [37] 刘倩倩,王升菊,任超翔,等. 中药辨色论质理论与方法的传承创新[J]. 中草药, 2021, 52(10):3121-3132.

(收稿日期:2025-03-08;修回日期:2025-12-16)