

中药辨色论质理论与方法的传承创新

刘倩倩, 王升菊, 任超翔, 王 越, 宋肖敏婷, 张定堃*, 裴 瑾*

成都中医药大学 药学院, 四川 成都 611137

摘 要: 中药的色泽与品质关系密切, 历代本草有对颜色质量评价的记载, 现代研究也表明中药颜色与化学成分具有相关性。对古本草、现代文献、《中国药典》等进行查阅整理, 将中药颜色与质量的关系从中药颜色的药性、临床药效和化学成分的相关性, 颜色影响因素, 辨色论质的历史渊源、研究进展、应用现状进行综述, 以达到利用现代化方法更全面地认识中药色与质的内在联系, 更科学地传承传统理论与方法的目的。

关键词: 中药; 颜色; 本草; 质量评价; 经验鉴别; 相关性

中图分类号: R285.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)10-3121-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.10.031

Inheritance and innovation of theory and method of color grading of traditional Chinese medicine

LIU Qian-qian, WANG Sheng-ju, REN Chao-xiang, WANG Yue, SONG Xiao-min-ting, ZHANG Ding-kun, PEI Jin

College of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

Abstract: The color and lustre of traditional Chinese medicine (TCM) is closely related to its quality. The quality evaluation of TCM based on color has been recorded in herbal works of past dynasties. Some modern research also showed that color of TCM is related to chemical components. In this paper, ancient herbal works, modern literature, *Chinese Pharmacopoeia*, etc. were reviewed. The relationship between color and quality of TCM was summarized from the correlation with properties, clinical efficacy and chemical compositions, interfering factors of color, the historical origin, research progress, and application of color grading. The purpose is to make full use of modern methods, understand the inner relationship between color and quality more comprehensively, and inherit traditional theories and methods more scientifically.

Key words: traditional Chinese medicine; color; herbary; quality evaluation; empirical identification; correlation

中药辨色论质理论是以象思维、五行学说、药性理论等为基础, 以现代化学成分研究为依据, 历经多年总结形成的一种中药质量评价经验。中药质量评价经历了感官、理化、生物评价的发展过程, 随着色谱、质谱技术的普及, 化学成分研究的发展较为迅速, 然而性状鉴别这种传统、快捷、绿色经济的质量评价方式却始终发展缓慢。现代研究已将某些中药的色度与化学成分含量进行了关联, 此类质量关联信息为解释中药辨色论质提供了一些科学依据。本文通过查阅古籍和现代文献, 对辨色论

质的起源、发展、现代研究等进行总结与分析, 为科学传承中医药传统理论与方法提供思路, 也为中药颜色质量评价发展奠定基础。

1 辨色论质的历史渊源

1.1 辨色论质与象思维

中药“辨状论质”是主要根据药材的外观性状(形、色、气、味)直接利用感官来判断药材的真伪优劣, 属于经验鉴别^[1]。色泽作为性状鉴别中最直观的指标, 与中药内在质量有着密切关联, 徐曼菲等^[2]提出了“辨色论质”, 即根据药材外观色泽特点

收稿日期: 2020-10-20

基金项目: 国家中医药管理局全国名老中医药专家传承工作室建设项目(国中医药人函[2019]41号); 四川省中医药管理局中医药重点学科建设项目(川中医药函[2020]84号)

作者简介: 刘倩倩, 女, 硕士研究生, 研究方向为中药资源开发与利用。E-mail: elodieliu@outlook.com

*通信作者: 张定堃, 男, 副教授, 研究方向为中药制剂与品质评价新技术。E-mail: zhangdingkun@cdutcm.edu.cn

裴 瑾, 女, 教授, 研究方向为中药资源品种品质研究。E-mail: peixjin@163.com

来判断药材的真伪优劣。中医象思维通过取象比类的方式,以“象”为工具,将药物外在之象(如中药颜色)与自然之象相关联,将中药的共同特征和属性进行标志、归类,从而达到认识和应用中药的目的^[3]。象思维的发展为辨色论质理论奠定了基础。

1.2 中药“辨色”的起源

《神农本草经》^[4]对颜色的记载主要体现在药物命名上,以青、赤(丹)、黄、白、黑(乌)、紫、蓝等颜色命名的药物共有 68 种,其中以“白”命名的中药最多^[5]。以原动植物药用部位表面颜色命名的较多,如紫草、白僵蚕;也有部分为药用部位断面特殊颜色,如玄参、白芷;还有以原植物颜色命名的如赤箭,药用部位为块茎,但因茎色赤形如箭而得名;矿物药常以整体颜色命名,如五色石脂。此命名法有利于野外鉴定并推断用药情况,如赤芝、黑芝、青芝、白芝、黄芝、紫芝等需要通过颜色来区分近缘药用品种。从《神农本草经》的中药命名可见早在汉代以前人们就开始重视药物颜色。

1.3 辨色论质的发展

《本草经集注》^[6]玉石分类中的朴硝“色青白者佳,黄者伤人,赤者杀人”,用颜色来鉴定真伪优劣,并概括了不同颜色朴硝的毒性;再如芍药(今白芍、赤芍)“白而长大,余处亦有而多赤,赤者小利”根据颜色区分多基原药物及其特定功效。此外,《本草经集注》最早提出火试鉴别法,用“强烧之,紫青烟起,仍成灰。不停沸如朴硝,云是真硝石也”区别朴硝和硝石。此现象是由于硝石中钾元素的焰色反应颜色呈紫色。可见广义的辨色论质不仅限于分辨药材颜色,通过观察火试或其他显色反应产生的颜色进行鉴别也应归属于辨色论质。

《新修本草》^[7]是现存最早的药典,也是一本大量记载药物性状的著作。其中对颜色的表达词汇丰富,多用含有 2 个颜色的词汇替代单一颜色表达,如鸢尾“花紫碧色”;有对原植物多部位颜色记载,如忍冬“苗茎赤紫色,宿者有薄白皮膜之……花白蕊紫”;此外,还擅用比喻修辞使之更形象,如黄石脂“色如鸢雏”。笔者统计整理了《新修本草》所有药材性状中颜色的相关描述,超过 40% 的中药有对颜色的记载。

辨色论质思想在宋代以后的本草著作中得到了持续的发展。《本草图经》^[8]中对通过主色和杂色将云母分为 5 种,即云英、云珠、云液、云母和云砂,又可通过颜色区分其最佳服用的季节,如云英

宜春服,云珠宜夏服。《本草原始》^[9]记载白术“凡用不拘州土,惟白为胜”;黄连“凡用黄连,选粗大,黄色鲜明,多节坚重,相击有声者,为胜”;丹参“其根皮丹而肉紫者佳”等。明代《本草纲目》^[10]除系统地描述原植物形态特征对植物学发展的深远影响外,还记载了药材色泽与道地性的联系,如黄芩“或云西芩多中空而色黔,北芩多内实而深黄……”。清代《本草纲目拾遗》^[11]“三七外皮青黄,内肉青黑色,名铜皮铁骨,此种坚重,味甘中带苦,最为上品”。此类辨色论质经验逐渐丰富,与形、质、气、味等性状相结合进行更全面的品质评价。从历代医药古籍中的辨色论质经验到《中国药典》2020 年版^[12]规定,如大黄以除尽外皮者表面黄棕色至红棕色,残留的外皮棕褐色,质坚实,有的中心稍松软,断面淡红棕色或黄棕色为最佳,都强调了颜色对中药材质量评价的重要性。

2 辨色论质理论的客观性研究

2.1 颜色的内涵与表达

研究表明颜色是一个物理光谱的连续体,而颜色词高度离散,如棕红色、黄棕色、焦黄色等模糊词只代表某些中心区域^[13]。颜色是通过眼睛、脑和生活经验所产生的一种对光的视觉效应,它由物理性质和心理因素共同决定^[14]。五色是客观存在的,但五色与自然的联系是人们主观配属的结果。有的颜色词还表达了社会文化内涵,如五色中的青色,在古代可以表示从绿到蓝直到黑色的相当广泛的范围,不仅指现在的绿色,也是中国传统文化特色的体现^[15]。如青黛的青色通常指深蓝色,青蒿、青皮、大青叶的青色则偏绿色,且具体中药的颜色强度难以用词汇清晰表达。

2.2 中药显色的机制

动植物药主含有机化合物,分子共轭体系中的 $\pi \rightarrow \pi^*$ 跃迁和含有杂原子的不饱和有机物的 $p \rightarrow \pi$ 共轭体系中的 $n \rightarrow \pi^*$ 或 $n \rightarrow \sigma^*$ 跃迁是其呈色的主要原因。矿物药主含无机金属化合物,显色原因主要有 d-d 跃迁、荷移跃迁及晶形等。补色的能量决定了它们外层电子激发能 ΔE (白色 < 黄色 < 红色 < 绿色 < 黑色)。绿、黄、红色的中药是因其显色成分的“基态电子”分别吸收了它们的补色红、紫、绿色 3 种波段的光产生跃迁而呈色。如大黄的水溶液呈黄色,加碱后氧原子的未共用电子对与苯环上 π 电子形成 $p \rightarrow \pi$ 共轭,增强共轭效应使体系能量降低,吸收波长升高,而显红色(红移)^[16]。

2.3 色的表征

颜色模型大体上分成 3 类：工业模型、色度学模型、视觉模型。常用的测量仪器根据色度学三基色原理和混色原理进行颜色测量，并符合国际标准照明委员会标准色度系统推荐的标准照明体和规定的照明观察条件，定量地比较“标准”和“样品”在同一波长上的单色辐射功率，从而测量出样品的光谱透射比或反射比^[17]。

颜色的表征方法主要有比色法、色差仪测定法、分光光度计法、数码相机与计算机图像技术相结合法等。色差仪是基于空间色度值最常见的一种颜色量化工具。机器视觉和电子眼主要是通过对检测目标拍照后将图像进行数字化，实现测量目的^[18]。杨添钧等^[19]、黎量等^[20]用机器视觉系统分别对制马钱子和山楂炮制过程进行颜色测定。张晓等^[21]和刘瑞新等^[22]将电子眼分别用于穿心莲和川贝母药材的质量评价。

3 中药色-质相关性

3.1 中药颜色与药性的相关性

五行学说是色象对应药性的基础，古人常把药物的五色、五味、五气与五脏理论相联系，对药物作用与脏腑之间的关系加以推断，同时也突出归经和某些功效。《神农本草经》中“五石脂各随五色补五脏”是归经理论在本草学中的早期表现形式。程国庆等^[23]发现《中药大辞典》所载植物药颜色与归经相符率高达 60%。中药材的颜色也可以与气血理论相联系，传统认为“红入血”，如丹参、红花、茜草等红色药材用于各种血分证；“白入气”，山药、白术、党参等白色药材可用于各种气分证。

3.2 中药颜色与临床药效的相关性

中药颜色与临床作用的相关性在皮肤病治疗方面表现最为突出。中药色象理论是指应用浅色药材治疗黄褐斑、皮肤黑变病等色素沉着类皮肤病，应用深色药材治疗白癜风、白发等色素减退类皮肤病。《神农本草经》记载了白芷、白附子 2 种白色中药的驻颜美容作用，又有七白膏等用于美白的方剂。欧阳恒教授研制的由紫铜矿、紫丹参、紫草、等深色中药组成的紫铜消白方在治疗白癜风方面取得了很好的疗效^[24]。刘子君^[25]利用实验模型斑马鱼和人黑色素 HEM-d 细胞研究了色象中药对黑素代谢的影响。梁培干等^[26]对 2808 首治疗色素性皮肤病的临床方剂进行统计处理，证明了该理论所揭示的现象与规律符合古今临床实际。

3.3 中药颜色与化学成分的相关性

近年来，色差法被广泛应用于中药材、饮片、粉末及其水溶液和醇溶液颜色的测定。辨色论质的研究主要集中在中药颜色与化学成分的相关性。多年的研究积累了丰富的文献，截至 2021 年 4 月 30 日，以中国期刊全文数据库作为数据来源，篇名含有“颜色”或“色泽”且含有“含量相关性”或“成分相关性”的文献，并挑选研究对象为现行药典中药品种的 79 篇文献进行整理，此类研究在 2005—2012 年发表数量较少（3 篇）；2013 年以来逐渐增加，在 2019 年达到近 15 年的最高发表数量（18 篇），可见此类研究正在引起关注。研究最多的中药是栀子（6 篇）；与药材颜色相关性研究较多的化学成分是黄酮类成分以及炮制或储存过程变化的 5-羟甲基糠醛（5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF）。色泽检测的量化指标主要有国际照明委员会色度空间系统明度值（ L^* ）、红绿色值（ a^* ）、黄蓝色值（ b^* ）及其对应的色差值（ ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ）、红绿色值与黄蓝色值比值（ a/b ）、色度角（ h ）、总色值 $[E^*ab(E^*)]$ 及其对应的色差值（ ΔE^* ），RGB 色彩模式的红绿色值比（ R/G ）。中药颜色与化学成分的相关性见表 1。

现有研究表明中药外观颜色与有效成分含量、临床应用、药理活性等具有相关性，因此用外在特征反映中药内在品质具有一定的科学性。

4 中药材颜色的影响因素

从品种到产地、采收、加工炮制、贮藏等都可能影响中药的颜色。色泽的变化与药材的质量关系很大，因此掌握色泽变化对于控制中药品质十分必要。

4.1 品种、产地和采收时间

遗传上的不同是颜色差异形成的最直接因素，多基原中药常表现出不同的形状特征。如北五味子表面红色、紫红色或暗红色，有的表面呈黑红色有“白霜”；南五味子表面棕红色至暗棕色。屈玟珊等^[106]检测不同产地西洋参药材色差发现进口（加拿大、美国）西洋参与国产（山东、东北）西洋参的总色差有显著差异。张天天等^[107]发现不同产地的枸杞子颜色存在差异，宁夏枸杞紫红色，新疆和瓜州枸杞为暗红色，青海枸杞紫红色或暗红色。不同产地药材颜色差异受环境影响很大，药用部位为地下部分的药材颜色受土壤性质影响最为明显。也正是由于土壤种类不同，形成了中药独特的颜色。

不同采收时间对药材颜色影响也较为常见，如连翘有“青翘”“老翘”之分，桑叶也有“霜桑叶”

表 1 中药颜色与化学成分的相关性

Table 1 Correlation between color and chemical components of traditional Chinese medicine

药材	颜色	颜色与成分的相关性	传统经验鉴别	文献
丹参	棕红	+: L^* 、 a^* 、 b^* 与丹酚酸 B 和迷迭香酸, a^* 、 b^* 与水溶性成分及隐丹参酮、丹参酮I、迷迭香酸、丹酚酸 B、丹参酮II _A , 表面颜色与丹参酮类 -: L^* 、 a^* 、 b^* 与原儿茶醛酸, L^* 与丹参酮I、迷迭香酸、丹酚酸 B、隐丹参酮、丹参酮II _A 0: 断面与丹参酮类成分, L^* 、 a^* 、 b^* 与二氢丹参酮I、紫草酸	紫红者为佳, 色红为好, 皮丹而肉紫	27-30
大黄	淡黄到深棕	+: a^* 与总蒽醌、游离蒽醌, L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*ab 与儿茶素, a^* 与番泻苷 B -: L^* 、 E^*ab 与游离蒽醌, a^* 与没食子酸	以外表黄棕色、锦纹及星点明显为佳	31-32
黄芩	棕黄、深黄、深棕黄	+: L^* 、 b^* 、 E^* 与黄芩苷、汉黄芩苷, a^* 与黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A, 表面 Δa^* 和 Δb^* 与黄芩苷、汉黄芩苷、总黄酮, 断面 ΔL^* 、 Δb^* 与黄芩苷、汉黄芩苷及总黄酮, 断面 ΔE^* 与汉黄芩素、黄芩素 -: a^* 与黄芩苷与汉黄芩苷, L^* 、 b^* 、 E^* 与黄芩素、汉黄芩素、千层纸素 A, 断面 ΔL^* 、 Δb^* 与千层纸素 A, 断面 ΔE^* 与黄芩苷、汉黄芩苷	外黄内黑, 色黄为佳	33-35
枳壳	棕褐至褐色	+: L^* 与炮制前后柚皮苷 -: a^* 与炮制前后柚皮苷 0: 色差值与新橙皮苷	外皮棕褐为佳	36
化橘红	黄棕、黄绿、黑褐	+: 随着颜色的加重, 柚皮苷含量上升 -: 外表面越接近于黄棕色, 柚皮苷含量越低	果皮外层色绿为佳	37
三七	断面灰绿、黄绿或灰白, 粉末灰黄	-: a^* 与三七皂苷 R_1 , b^* 与人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_e 、5 种皂苷 (三七皂苷 R_1 、人参皂苷 R_{g1} 、人参皂苷 R_e 、人参皂苷 R_{b1} 、人参皂苷 R_d) 总量, L^* 与人参皂苷 R_{b1} 、 R_{g1} 、5 种皂苷总量	断面色灰绿或黄绿者为佳	38
栀子	红	+: 不同采收期 a^* 与西红花苷I、总西红花苷, L^* 、 b^* 与总环烯醚萜、总有机酸; 炮制过程 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*ab 与总还原糖和总氨基酸, L^* 、 a^* 、 b^* 变化趋势与总二萜色素, 微波炮制过程 L 与京尼平苷, a 、 b 与西红花苷 I; 果皮 L 、 a 与栀子苷, a 、 b 与西红花苷 II -: 不同采收期 L^* 、 b^* 与总西红花苷; 炮制过程 L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*ab 与 5-HMF, L^* 、 a^* 、 b^* 与总环烯醚萜苷; 栀子果皮 L^* 与绿原酸, L^* 、 a^* 、 b^* 与京尼平苷酸	色红黄者为佳	39-44
秦艽	黄棕、灰棕或棕褐	+: L^* 与裂环烯醚萜苷类 -: a^* 、 b^* 与裂环烯醚萜苷类	色棕黄者为佳	45
姜黄	深黄	+: 碱性条件下乙醇提取物 L^* 、 a^* 与姜黄素; 川产姜黄粉末 a^* 与姜黄素类 (姜黄素、去甲氧基姜黄素、双去甲氧基姜黄素、总姜黄素) -: 川产姜黄粉末 L^* 、 b^* 、 ΔE^*ab 与姜黄素类	色赤兼黄, 外黄内赤, 断面色金黄为佳	46-48
黄柏	黄褐或黄棕	+: 颜色偏亮黄色的黄柏小檗碱、黄柏碱较高	断面色黄为佳	49

续表 1

药材	颜色	颜色与成分的相关性	传统经验鉴别	文献
黄连	黄	+: L^* 、 a^* 与药根碱, b^* 与药根碱、表小檗碱、盐酸黄连碱; F11 光下粉末 a^* 与小檗碱; F2 光及 F7 光下 a^* 与总生物碱, a^* 与盐酸小檗碱、黄连碱, b^* 与盐酸小檗碱、巴马汀、黄连碱、表小檗碱 -: b^* 随产地干燥温度的增加下降趋势, L^* 与盐酸小檗碱、黄连碱	断面皮部橙黄色, 木部鲜黄色或橙黄色为佳	50-52
金银花	绿、黄绿、绿白、黄白、黄	+: 金银花发育过程中 L^* 与酚酸类、黄酮类 -: L^* 与绿原酸、总黄酮, 褐变指数与酚酸类、黄酮类和环烯醚萜类 0: L^* 与木犀草苷	色绿白为佳	53-56
女贞子	黑、棕、褐	+: 红景天苷、松果菊苷、芦丁、毛蕊花糖苷、女贞苷、特女贞苷均 为棕色组最低 -: 偏褐色的女贞子中酪醇、红景天苷、松果菊苷、芦丁、毛蕊花糖苷、女贞苷、特女贞苷高于颜色偏黑色的药材 ∞ : 槲皮素 (含量: 黑色>棕色>褐色)	色蓝黑为佳	57
青黛	深蓝	+: a^* 与靛蓝、靛玉红、青黛粉末, 粉末、提取液的 a^* 与靛玉红 -: L^* 与靛蓝, 粉末、提取液的 L^* 与靛玉红	蓝色均匀、火烧产生紫色烟雾较长者为佳	58
干姜	干姜灰黄、炮姜棕褐、姜炭黑	+: a^* 与姜酮和炮制程度, 炮制前后 L^* 、 b^* 与 6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、二乙酰氧基-6-姜二醇、10-姜酚 -: L^* 、 b^* 与干姜炮制程度, 炮制前后 L^* 、 b^* 与姜酮 0: a^* 与 6-姜酚、8-姜酚、6-姜烯酚、二乙酰氧基-6-姜二醇、10-姜酚	色白者为佳	59
鹿茸		-: b^* 与鹿茸多糖、蛋白、磷脂 (含量: 二杠茸>三岔茸>再生茸)	花鹿茸毛色红棕, 马鹿茸毛灰褐为佳	60
牡丹皮	饮片淡粉红, 丹皮炭黑褐、黄褐	+: a^* 值与贮藏年限, 断面 b^* 值与丹皮酚, L^* 、 b^* 、 E^*ab 与儿茶素、槲皮素、苯甲酰芍药苷、异鼠李素、丹皮酚和山柰素, a^* 与 5-HMF, L^* 、 b^* 、 E^*ab 与芍药苷, L^* 、 E^*ab 与氧化芍药苷 -: 贮藏年限与丹皮酚含量 (熏硫降低相关性), a^* 与儿茶素、槲皮素、苯甲酰芍药苷、异鼠李素、丹皮酚和山柰素, L^* 、 b^* 、 E^*ab 与 5-HMF, a^* 与氧化芍药苷 0: a^* 与芍药苷	断面粉白色为佳	61-62
枇杷叶	淡绿、黄绿	∞ : 没食子酸、儿茶素、芦丁、科罗素酸、总酚、黄酮、总三萜酸 7 种功能成分的质量分数和 3 种抗氧化值与 12 个颜色参数	色绿者为佳	63
余甘子	棕褐、墨绿	-: 叶绿素和花色苷, 总糖与总酸		64
莲须	黄棕	+: L^* 、 b^* 值与莲须总黄酮 0: a^* 值与总黄酮	色淡黄者为佳	65
花椒	红	+: L^* 、 a^* 与总黄酮、芦丁、槲皮素, b^* 与金丝桃苷、槲皮素 -: L^* 、 a^* 、 b^* 与青椒橙皮苷	皮色赤红者为佳	66
甘草	黄	∞ : 断面颜色与甘草酸、甘草苷、总黄酮、总皂苷, 根皮和断面颜色与甘草苷、异甘草苷、异甘草素与甘草酸铵、甘草次酸 (野生含量高于栽培); 粉末 a^* 、 b^* 与施加脱落酸 0: 断面颜色与多糖, 栽培品色度与指标性成分	色红棕者为佳	67-70
防风	灰棕、浅棕、棕黄、棕褐	-: a^* 、 b^* 、 E^*ab 与升麻素苷 0: a^* 、 b^* 、 E^*ab 与 5-O-甲基维斯阿米醇苷	皮部浅棕, 木部浅黄者为佳	71

续表 1

药材	颜色	颜色与成分的相关性	传统经验鉴别	文献
醋延胡索	褐、黑	+: a^* 和 ΔE 与化学成分总量, 颜色与延胡索丙素、盐酸黄连碱、延胡索乙素、盐酸巴马汀、盐酸小檗碱、去氢延胡索甲素、四氢小檗碱 -: L^* 、 b^* 与化学成分总量; 颜色与延胡索甲素	断面色黄者为佳	72
龙胆	浅黄、黄棕、棕褐	+: L^* 、 E^*ab 与龙胆苦苷 -: a^* 、 b^* 与龙胆苦苷	色黄或黄棕者为佳	73
桑白皮	黄白、黄棕、棕褐	+: L^* 、 h 与 1-脱氧野尻霉, a^* 与桑根皮素, L^* 、 b^* 、 E^*ab 与总黄酮 -: a^* 与 1-脱氧野尻霉素, L^* 、 b^* 、 E^*ab 与桑根皮素, a 与总黄酮	色白为佳	74-75
木香	黄绿	-: L^* 、 b^* 、 E^*ab 与木香烃内酯、去氢木香内酯、挥发油 0: a^* 与木香烃内酯、去氢木香内酯、挥发油	肉色发青者优	76
白术	淡黄棕	+: 随麸炒时间延长, 5-HMF 增加 -: b^* 与 5-HMF	断面色黄白为佳	77
何首乌	(生) 红棕、红褐、 (制) 黑褐、棕褐	+: 炮制时间与颜色、游离蒽醌 -: 炮制时间与 E^* 、二苯乙烯苷和结合蒽醌含量 ∞ : 颜色值与二苯乙烯苷、大黄素-8- O - β -D-葡萄糖苷、大黄素甲醚-8- O - β -D-葡萄糖苷、大黄素及大黄素甲醚	表面红褐色、断面显云锦 花纹者为佳	78
红花	红	+: L^* 、 a^* 与羟基红花黄色素 A, 保存年限与颜色; 黄色型和橘色型红花的 a 、色调值、色光值与 HSYA, 红色型红花 a^* 、 b^* 、色光值与 HSYA; 不同品种 b^* 与 α -生育酚 -: 保存年限与羟基红花黄色素 A; 不同品种 a^* 、 a/b 、色光值与 α -生育酚 0: 色度值与槲皮素、柚皮素和山柰酚	色红鲜艳者为佳	79-82
党参	黄白、黄褐、棕褐、深黄	+: ΔE^* 与 5-HMF、水分 -: L^* 与 5-HMF ∞ : 糖、醇浸出物、综合距离 d 值、 L^* 、 a^* 、 b^* 和 E^*ab : 饮片 > 药材	走油变质后色泽加深为棕褐色	83-84
龙眼肉	棕黄到黑褐	+: 色泽与 5-HMF	色棕黄为佳	85
大枣	暗红	+: 色泽与 5-HMF	色紫红为佳	86
五味子	红、紫红、暗红、黑红	+: 色泽与 5-HMF -: L^* 与五味子甲素 0: 其他色度值与木脂素	果皮紫红者为佳	87-88
红参	黄白、土黄、棕黄	+: L^* 、 a^* 、 b^* 、 ΔE^* 与水分 0: L^* 、 a^* 、 b^* 、 ΔE^* 与 5-HMF	色棕红、无黄皮者为佳	89
百合	黄白	+: ΔE 与总灰分 -: ΔE 与浸出物和多糖 0: ΔE 与水分	表面黄白至淡棕黄或略带紫色, 象牙白者为佳	90
山楂	棕、棕褐	+: 色泽与 5-HMF, 炒山楂 ΔE^* 与 5-HMF -: 炒山楂 L^* 、 b^* 与 5-HMF 0: 生山楂 L^* 、 a^* 、 b^* 、 ΔE^* 与 5-HMF	皮红者为佳	91

续表 1

药材	颜色	颜色与成分的相关性	传统经验鉴别	文献
生地黄和熟地黄	灰棕、深棕、黑	—: L^* 、 a^* 、 b^* 与 5-HMF (熟>生)	生地断面乌黑色, 熟地内外乌黑有光泽为佳	92
苦杏仁	子叶乳白	+ : L^* 与苦杏仁苷, a^* 、 b^* 与酸值和过氧化值 —: a^* 、 b^* 与苦杏仁苷, L^* 与酸值和过氧化值	走油后胚乳颜色加深到黄褐色	93
附子	黑顺片皮黑褐、切面暗黄, 白附片黄白	+ : ΔE 与苯甲酰新乌头原碱、苯甲酰乌头原碱、苯甲酰次乌头原碱、3 个单酯型生物碱总含量 —: ΔE 与 5-HMF	灰黑色, 表面起盐霜者为佳	94
黄精	乌黑	+ : L^* 、 E^*ab 与多糖, a^* 与皂苷、洛伐他汀	淡黄或黄棕为佳	95
西红花	暗红、鲜红、浅暗红	+ : 粉末色度值与西红花苷I、西红花苷II及其总含量, 浸水液 a^* 与西红花苷I	柱头色暗红, 黄色花柱少者为佳	96
鸡冠花	表面红、紫红或黄白	+ : a^* 与木犀草素、槲皮素、山柰酚 —: L^* 与木犀草素、槲皮素、山柰酚、异鼠李素, b^* 与木犀草素、槲皮素、山柰酚		97
北豆根	黄棕至暗棕	+ : Δa^* 、 Δb^* 、 ΔE^* 与蝙蝠葛苏林碱和蝙蝠葛碱总量以及青藤碱、蝙蝠葛苏林碱、蝙蝠葛碱、粉防己碱总量; ΔE^* 与蝙蝠葛碱 —: ΔL^* 与蝙蝠葛碱 0: 所有色泽指标与青藤碱、蝙蝠葛苏林碱、粉防己		98
沙棘	橙黄或棕红	+ : R/G 与果实含油量		99
枸杞子	鲜红、暗红、红棕、棕黑、黑	+ : 果皮 a^* 和类胡萝卜素, L^* 、 h 和玉米黄素, a 、饱和度 c 与玉米黄素双棕榈酸酯, L^* 、 a^* 、 b^* 与枸杞多糖、单糖, 颜色值与类胡萝卜素 —: h 和类胡萝卜素, L^* 、 a^* 、 b^* 与 5-HMF, 外观颜色值与总酚酸 ∞ : 不同“变色”程度枸杞粉末和水溶性色素提取液颜色与类胡萝卜素、芦丁; 水分、灰分、总糖、蛋白质、多糖、脂肪素与枸杞色泽	色红者为佳	100-103
化橘红	黄绿色至黄棕色	∞ : 随着外表面颜色的加重, 柚皮苷含量有上升趋势, 外表面颜色越接近于黄棕色, 柚皮苷含量越低		104
知母	断面颜色黄白色至黄色	+ : a^* 、 b^* 与芒果苷、新芒果苷 —: L^* 与芒果苷、新芒果苷	断面黄白色者为佳	105

+表示正相关 —表示负相关 0 表示无显著相关 ∞ 表示其他相关

+ means positive correlation — means negative correlation 0 means no significant correlation ∞ means other correlation

(黄绿色或浅黄棕色)和“嫩叶”(青绿色)之分。不同栽培年限的丹参^[27]和不同采收期的栀子^[39-40]颜色也会有所不同。

4.2 加工炮制

加工炮制对中药材、饮片特别是炮制品的色泽影响最为常见,影响因素也很复杂。炮制过程常伴随着各种酶促反应,黄酮苷等成分易酶解形成有色物质,如黄芩易变绿。美拉德反应普遍存在于中药炮制

过程,如栀子炒焦过程红黄色逐渐变为焦褐色^[41]。加工方法不当,如金银花堆晒时沾水易变黑。药材暴晒时紫外线会破坏一些色素类成分,富含油脂、黏液质的药材如天冬晒后“泛油”。许多中药加工时应“忌铁器”,铁易被氧化成亚铁离子,再与鞣质、黄酮、生物碱等反应生成鞣酸铁,形成络合物使药材变色。地黄、玄参在加工过程中易变黑,是由于这类中药含环烯醚萜苷,水解后苷元不稳定,聚合易

变为深色。

4.3 贮藏

药材贮藏时,光照、空气、温度、湿度、保存时间、保存方式等都可能影响药材色泽。部分花类、叶类药材经日光照射颜色变浅,大黄经日光照射后由黄色变为红棕色。含脂肪油、鞣质、挥发油的药材易氧化变色。湿度过高药材易霉变,如牡丹皮吸潮发热,断面变红起麻点。药材陈放后颜色一般变深、变灰、失去光泽,此时应考虑质量下降,但也有例外,如陈皮久放后颜色变深,气香浓郁,通常认为储存年限长者品质更优。

5 辨色论质理论的应用

5.1 指导真伪鉴别和道地性评价

在鉴定中药时,通过观察中药材外表的颜色,判断药材的品种、产地和质量的优劣。经验鉴别法简便易行,常用于各医院药房、药材市场的中药鉴定。“乌金衣”“朱砂点”“金井玉兰”等鉴定学术语的广泛应用是辨色论质理论传承的体现。此外,由环境所导致的颜色差异也可作为中药道地性形成的判断依据。如任伟光等^[108]通过比较不同产地当归颜色和有效成分,探讨了当归颜色与道地性的相关性。

5.2 划分商品等级

中药材的规格等级是其品质的外观标志,划分中药商品等级时常将颜色作为主要依据。不同等级药材特定的颜色范围,可以传递其质量及价格信息。周丽娟^[109]对姜黄的外观性状与挥发油和姜黄素的相关性进行分析,得出来源、断面颜色与挥发油和姜黄素均呈显著相关,结合一般判别分类分析及实际情况,选择产地来源和断面颜色作为姜黄商品规格划分的主要指标。

5.3 指导采收加工炮制

根据药材颜色变化规律,掌握有效成分在不同时期的动态变化规律,为科学确定药材采收期提供参考。如桑叶,霜桑叶为桑叶经霜后采收,多为黄绿色或浅黄棕色;嫩叶为霜降之前采收的落叶,多为青绿色,质量逊色于霜桑叶^[110]。炮制过程中,颜色是把握炮制火候的重要指标和判定炮制终点的主要依据。控制火候进而保障炮制品的质量,如厚朴“发汗”致“紫色多润”,视为质量上乘^[111];又如《中国药典》2020年版^[12]规定白术应炒至黄棕色。

5.4 在各国药典中的应用

《中国药典》2020年版有各中药外观、粉末、显微结构,及各种显色反应的颜色规定。《美国药典》

的膳食补充剂部分对植物性状的宏观和微观都有详细的颜色规定^[112]。《欧洲药典》植物药或植物提取物的性状和鉴别项下有对药材、粉末及显微结构颜色范围的规定^[113]。《日本药局方》的生药质量标准在性状和鉴别项下有对药材颜色的详细规定^[114]。《韩国药典》性状项也规定了表面和断面颜色特征,鉴别项规定了某些生药理化鉴别的颜色,等级项规定了优质药材的颜色^[115]。

6 辨色论质理论面临的技术挑战

6.1 色的跨度与界限

颜色词只在心理定位的区域才界限分明,边缘部分界线模糊。由于技术水平的限制,当前各国药典关于生药及饮片性状的颜色规定内容均采用模糊词,如黄色~黄棕色,仍然是一个宽泛的定性指标,缺乏量化标准。颜色量化技术已能实现每种颜色对应具体的颜色值,减少色跨度过大带来的偏差。建议药典对中药性状规定提高术语的规范性,减少模糊颜色词。先对中药对应的色度值范围进行量化和规定,实现色泽的客观化表达,进而实现各国药品质量的检查方法协调统一。

6.2 颜色量化的误差

色彩色差计及机器视觉系统所测定的颜色值均为该设备制定的受控环境下的颜色值,并不能代表被测物的真实颜色值,更换光源即能导致颜色量化值的差异。机器视觉系统可引入标准色卡对照相机进行颜色校正。此外,建议在专家指导下,大量收集样本,统一对样本进行颜色准确提取,并建立标准化数据库,通过数据库比对判定,减小误差^[19]。用目前的测色技术测定表皮有凸起颜色不均一的中药外观颜色时,光的角度对色泽影响很大,为无损准确测量增加了难度,可采集多角度颜色信息后平均化处理。

6.3 色质关系的科学性

用中药五色与五行的联系来解释归经功效应用只是依据的一个方面,不总具有明显规律性。如大枣色红,但不归心经,一些中药炮制加工后颜色改变也使得归经改变。若望名生义或只依赖药物颜色去推衍功效等性能,过于主观^[116-117]。应以化学成分、药理效应为桥梁,从药用植物遗传、环境的角度阐述药物的颜色与药性之间的关联和规律,并为新来源中药药性研究提供思路^[3]。

文献统计表明已有人关注到中药颜色与质量的关系,但总体研究工作数量较少,品种不全,论

文质量参差不齐, 系统性不强。现在研究大部分集中于颜色与化学成分的相关性, 仅有的部分研究中还存在部分争议, 如在2个不同研究中^[33-34], 黄芩素含量与 a^* 值分别呈正相关和负相关, 此类研究在取样时还应考虑到样本的代表性和全面性, 切不可为了相关而强行关联。中药质量与生物效应直接相关, 但目前缺少药材颜色与生物效应相关性研究。

6.4 传承的挑战

目前部分中药材能通过考察药材色泽与有效成分的关系, 已经形成了辨色论质方法。但经验鉴别过于依赖老药工和专家的经验, 初学者不易掌握, 难以适应大规模生产, 在传承方面也有一定局限性。因此, 探索这种主观方法的科学性, 并结合现代技术和仪器, 探讨中药质量与颜色特征的相关性, 形成等级的颜色质量标准, 有利于实现标准统一, 传承一致和自动化^[13]。

7 辨色论质理论的发展

除目前常用的测色技术外, 荧光鉴别和荧光阵列也可归类于辨色论质方法。荧光显色鉴别法利用中药某些成分在常光或紫外光灯下产生的荧光, 对药材断面、粉末、浸出液和薄层色谱的荧光颜色加以区分, 目前已应用于真伪鉴定。光化学比色传感器阵列是由多个传感单元对样品响应后的颜色变化组合成的独特阵列, 产生特有的“指纹图谱”实现对特定物质的识别检测。此技术已广泛应用于白酒香型、啤酒品牌的区分, 肉类新鲜度的检测等^[118]。荧光化学传感器阵列应用于中药质量控制指日可待。

比色卡的颜色具有唯一性, 可用于准确的判定目标测量物的颜色。比色卡技术目前已应用于临床医学和食品领域, 如患者大便^[119]、血液^[120]、体液^[121], 新生儿黄疸^[122]等的颜色观察及记录, 鱼肉^[123]分级系统、糖熏鸡腿^[124]的颜色识别、蜂蜜^[125]的颜色指标快速检测等。今后可大量开发应用于各中药的比色卡, 此方法简易、准确, 且利于中药质量经验鉴别的传承。

在今后的研究中, 还应注意数学、生物、物理、化学等多学科交叉, 以达到通过外观颜色, 推测中药内在成分含量高低或疗效好坏的目的。颜色只是中药辨状论质的一方面, 不能忽略其他因素也可能影响药材质量, 建议与其他感官量化技术联合使用, 建立形、色、气、味为一体的多元化鉴定模式。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 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.
- [2] 徐曼菲, 吴志生, 刘晓娜, 等. 从辨色论质谈中药质量评价方法 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(2): 177-181.
- [3] 唐仕欢, 黄璐明, 杨洪军, 等. 论象思维对中药药性形成的影响 [J]. 中医杂志, 2009, 50(6): 485-487.
- [4] 顾观光. 神农本草经 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1956.
- [5] 彭星星, 王德群. 《神农本草经》中药名称的形成规律 [J]. 中国现代中药, 2015, 17(9): 977-979.
- [6] 梁·陶弘景. 本草经集注 [M]. 辑校本. 尚志钧, 尚元胜辑校. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 27-57.
- [7] 唐·苏敬. 新修本草(十卷补辑一卷) [M]. 新1版. 上海: 上海卫生出版社, 1957.
- [8] 宋·苏颂. 本草图经 [M]. 尚志钧辑校. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1994: 9.
- [9] 明·李中立. 本草原始 [M]. 郑金生, 汪惟刚, 杨梅香整理. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [10] 明·李时珍. 本草纲目 [M]. 校点本. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 58.
- [11] 赵学敏. 本草纲目拾遗 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 2017: 65.
- [12] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 24, 107.
- [13] 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.
- [14] 朴恩希, 谢菁, 贾春华. 从认知语言学角度初探中医五色理论 [J]. 中华中医药杂志, 2013, 28(9): 2707-2709.
- [15] 孙宏安. 中国传统文化中的青色释析 [J]. 大连教育学院学报, 2019, 35(2): 67-72.
- [16] 龙飞. 从“色”刍议中药的“归经” [J]. 中药与临床, 2016, 7(6): 34-37.
- [17] 殷放宙, 吴晓燕, 毛春芹, 等. 光谱颜色科学研究进展及其在中药领域中应用前景分析 [J]. 光谱学与光谱分析, 2013, 33(9): 2315-2320.
- [18] 章炜. 机器视觉技术发展及其工业应用 [J]. 红外, 2006, 27(2): 11-17.
- [19] 杨添钧, 杨诗龙, 吴纯洁. 中药颜色客观量化的思考与实践 [A] // “好医生杯”中药制剂创新与发展论坛论文集(上) [C]. 成都: 中华中医药学会, 2013: 124-128.
- [20] 黎量, 杨诗龙, 胥敏, 等. 基于颜色及成分动态变化的山楂炮制机理初探 [J]. 中成药, 2015, 37(7): 1530-1533.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 程国庆, 汪丽萍. 浅谈中药颜色、归经、疗效三者之间的关系 [J]. 湖北中医杂志, 2006, 28(2): 26-27.
- [24] 杨柳. 欧阳恒教授以色治色学术思想及中药色象理论研究展望 [A] // 全国皮肤科中医外治高级研修班论文集 [C]. 北京: 中华中医药学会, 2009: 2.
- [25] 刘子君. 基于调和气血法和中药色象理论的中药对黑色素代谢作用机制研究 [D]. 广州: 南方医科大学, 2019.
- [26] 梁培干, 钟慧, 莫琴仙, 等. 中药色象理论临床文献统计分析 [J]. 中医学报, 2011, 26(1): 118-121.
- [27] 牛敏, 刘红燕, 刘谦, 等. 4个栽培年限丹参颜色与9种活性成分含量的相关性 [J]. 中成药, 2017, 39(1): 131-135.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 李倩, 艾青青, 兰志琼, 等. 基于现代色度原理研究大黄蒽醌类成分含量与其颜色的相关性 [J]. 中药材, 2019, 42(1): 62-65.
- [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] 柴冲冲, 毛民, 袁金凤, 等. 不同方法软化切制后的黄芩饮片颜色与5种黄酮类成分含量的相关性研究 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(20): 4467-4475.
- [34] 谢景, 马生军, 辛博, 等. 黄芩有效成分与药材粉末颜色的相关性研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(3): 9-12.
- [35] 李云静, 张建逵, 赵玥, 等. 黄芩药材颜色及其有效成分的相关性 [J]. 中国医药工业杂志, 2017, 48(7): 1012-1016.
- [36] 邓桂珠, 蓝文煜, 窦佩丹, 等. 枳壳及其炮制品色差值与化学成分的相关性 [J]. 中成药, 2017, 39(6): 1228-1231.
- [37] 颜维民, 曹宝帅, 柳俊萍, 等. 化橘红药材外观颜色与柚皮苷含量相关性的探讨 [J]. 山西医药杂志, 2020, 49(10): 1280-1281.
- [38] 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.
- [39] 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.
- [40] 付小梅, 杨超, 吴志瑰, 等. 不同采收期栀子中8个有效成分含量动态变化与颜色的相关性研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(13): 3191-3202.
- [41] 刘德鹏, 王云, 王国有, 等. 焦栀子炮制过程中饮片色泽变化与美拉德反应的相关性分析 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(10): 2382-2388.
- [42] 李晓庆, 王云, 张雪, 等. 基于表里关联的栀子饮片炮制过程中表观颜色变化与其内在成分含量的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(13): 1-5.
- [43] 黄潇, 刘婧, 付小梅, 等. 栀子微波炮制过程中指标成分及粉末颜色变化的关联性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(10): 1-6.
- [44] 袁源见, 罗光明, 魏春华, 等. 栀子果皮颜色与6种成分的相关性研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(6): 1480-1483.
- [45] 王秀芬, 冷晓红, 李静, 等. 秦艽不同加工品中有效成分含量与色度的相关性 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58(6): 976-980.
- [46] 王洋. 姜黄颜色与姜黄素含量的相关性 [J]. 国外医学: 中医中药分册, 2005, 27(1): 61-62.
- [47] 殷莉丽, 夏琴, 蔡晓洋, 等. 基于姜黄中姜黄素类成分与姜黄粉末颜色指数 L^* 、 a^* 、 b^* 值的相关性分析 [J]. 中药材, 2016, 39(6): 1247-1250.
- [48] 王晓宇, 赵军宁, 吴萍, 等. 基于“辨状论质”的川产姜黄颜色与主要化学成分含量的相关性研究 [J]. 中草药, 2018, 49(24): 5929-5937.
- [49] 宿莹, 侯晓琳, 刘战, 等. 基于色差原理分析黄柏有效成分含量与颜色的相关性 [J]. 中药材, 2019, 42(8): 1766-1770.
- [50] 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.
- [51] 吉光见稚代, 瞿显友, 罗维早, 等. 基于色度对中药材品质评价研究 (I). 黄连粉末色度与化学成分含量之间的相关性 [J]. 中药材, 2014, 37(5): 785-789.
- [52] 冉继春, 阳勇, 花雷, 等. 川渝产黄连提取液颜色与有效成分相关性研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2021, 35(1): 9-11.
- [53] 杨晓芸. 金银花颜色气味与化学成分的相关性研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.
- [54] 熊吟, 肖潇, 闫永红, 等. 基于色度分析原理的金银花有效成分含量与颜色值相关性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2013, 31(3): 667-670.
- [55] 杨晓芸, 肖潇, 熊吟, 等. 金银花颜色与有效成分含量的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(17): 92-95.

- [56] 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.
- [57] 刘欢, 熊慧, 薛雪, 等. 全国资源普查女贞子药材质量特征关系探究及对《中国药典》女贞子药材标准规定的思考 [J]. 中国中药杂志, 2019, 44(1): 68-76.
- [58] 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.
- [59] 林华坚, 张梓豪, 孟江, 等. 干姜及其炮制品色差值与活性成分含量的相关性研究 [J]. 中国药房, 2020, 31(10): 1197-1202.
- [60] 何晓凤, 阮豪南, 王露露, 等. 鹿茸规格与其颜色及化学成分的相关性研究 [J]. 中国药理学杂志, 2019, 54(15): 1226-1230.
- [61] 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.
- [62] 陈昕, 黄茂胜, 孟江, 等. 牡丹皮炒炭前后颜色与有效成分含量的相关性分析 [J]. 中国药房, 2019, 30(17): 2360-2364.
- [63] 霍宇航. 枇杷叶色值与功能成分及抗氧化的相关性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [64] 赵琼玲, 金杰, 罗会英, 等. 不同颜色余甘子果实发育过程中 5 种生理指标的变化及其相关性 [J]. 热带农业科学, 2018, 38(3): 20-24.
- [65] 李庆, 张建逵, 康廷国, 等. 莲须粉末颜色与总黄酮含量相关性研究 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(14): 32-34.
- [66] 郭换, 刘飞, 梅国荣, 等. 色度分析花椒黄酮类成分含量与颜色值的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(6): 91-97.
- [67] 米文娟, 林相龙, 李阳, 等. 甘草断面颜色与其有效成分的相关性分析 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2017, 19(11): 1829-1835.
- [68] 侯伟龙, 窦德强. 甘草的色泽与甘草苷、甘草酸含量的相关性研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(15): 130-137.
- [69] 马婷婷, 龚慕辛, 王智民, 等. 甘草色泽与有效成分含量的相关性研究 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(19): 3776-3785.
- [70] 项好, 刘春生, 刘勇, 等. 脱落酸对甘草化学成分含量和颜色的影响 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(9): 1688-1692.
- [71] 刘杰, 徐佳, 杨瑶琨, 等. 基于色度分析原理的防风有效成分含量与颜色值相关性研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(2): 20-25.
- [72] 万超, 于定荣, 刘颖, 等. 醋延胡索饮片颜色与其内在质量的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(12): 145-150.
- [73] 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.
- [74] 李妍芑, 刘曦, 臧艺玫, 等. 桑白皮的颜色与 1-脱氧野尻霉素含量的相关性研究 [J]. 西部中医药, 2016, 29(7): 26-30.
- [75] 高原, 方妍, 单梦瑶, 等. 基于色差原理分析不同产地桑白皮有效成分含量与颜色的相关性 [J]. 中国药房, 2021, 32(2): 213-219.
- [76] 徐珍珍, 史星星, 樊旭蕾, 等. 基于色差原理分析木香有效成分含量与颜色值的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(13): 17-21.
- [77] 张乐, 潘欢欢, 刘飞, 等. 白术麸炒过程中 5-羟甲基糠醛的含量变化规律及其与饮片温度、颜色变化的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(17): 11-14.
- [78] 王靖越, 张语凡, 柴冲冲, 等. 何首乌饮片的颜色与蒽醌类和二苯乙烯苷含量的相关性研究 [J]. 中南药学, 2020, 18(4): 635-640.
- [79] 王洁, 苏少锋, 姚仁川, 等. 红花保存年限、有效成分含量和颜色值的相关性分析 [J]. 中国药房, 2020, 31(5): 554-558.
- [80] 许兰杰, 梁慧珍, 余永亮, 等. 红花羟基黄色素 A 含量与花色相关性及其品种间的差异评价 [J]. 中国农学通报, 2018, 34(1): 41-45.
- [81] 徐红霞, 吴沂芸, 裴瑾, 等. 红花黄酮类成分与其色度值相关性研究 [J]. 中药材, 2018, 41(1): 49-54.
- [82] 许兰杰, 余永亮, 谭政委, 等. 中药红花品种间 α -生育酚含量差异评价及与花色相关性研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(5): 8-11.
- [83] 吴翠, 徐靓, 马玉翠, 等. 党参走油与色泽、水分、5-羟甲基糠醛的相关性研究 [J]. 中药材, 2019, 42(4): 782-784.
- [84] 陈江鹏. 党参炮制过程色泽与含量变化相关性研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
- [85] 吴翠, 唐春风, 马玉翠, 等. 不同色泽龙眼肉中 5-羟甲基糠醛的含量测定及相关性分析 [J]. 时珍国医国药, 2018, 29(1): 42-44.
- [86] 吴翠, 刘超, 巢志茂. 大枣色泽与 5-羟甲基糠醛含量相关性分析 [J]. 中国中医药信息杂志, 2016, 23(8): 83-86.
- [87] 吴翠, 高岳瑞, 巢志茂, 等. 五味子中 5-羟甲基糠醛含量与仓储和色泽的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(15): 24-27.
- [88] 沈晓君, 史勇, 赵红菲, 等. 五味子果核的色泽与化学成分的相关性研究 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1216-1219.
- [89] 吴翠, 徐靓, 马玉翠, 等. 不同色泽红参与水分和 5-羟

- 甲基糠醛含量的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(20): 136-140.
- [90] 李瑞琦, 徐靓, 吴翠, 等. 基于色泽分析技术的百合质量评价 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2020, 26(3): 381-384.
- [91] 吴翠, 徐靓, 马玉翠, 等. 生山楂和炒山楂中 5-羟甲基糠醛含量的差异及与色泽的相关性 [J]. 药物分析杂志, 2020, 40(4): 733-739.
- [92] Wu C, Xu L, Xu B, *et al.* Correlation between 5-hydroxymethylfurfural content and color of *Rehmanniae Radix* and *Rehmanniae Radix Praeparata* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2020, 29(5): 314-321.
- [93] 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.
- [94] 李瑞琦, 吴翠, 徐靓, 等. 附子色泽与化学成分含量的相关性研究 [J]. 药物分析杂志, 2019, 39(7): 1315-1322.
- [95] 胡佳莉, 刘林, 李钟, 等. 黄精发酵过程中有效成分含量与色泽的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(15): 169-176.
- [96] 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.
- [97] 郭爽, 李庆, 何婉婉, 等. 鸡冠花有效成分与药材粉末颜色的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(24): 64-69.
- [98] 何婉婉, 张建逵, 李云静, 等. 北豆根药材粉末色泽与有效成分的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(5): 57-62.
- [99] 刘文浩. 沙棘果肉油脂含量与果色的相关性分析 [J]. 吉林农业, 2019(5): 55.
- [100] 杨丽, 陈鸿平, 李雪莲, 等. 不同“变色”程度枸杞子外观颜色表征与内在色素类成分变化相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(8): 47-50.
- [101] 米佳, 禄璐, 戴国礼, 等. 枸杞色泽与其类胡萝卜素含量和组成的相关性 [J]. 食品科学, 2018, 39(5): 81-86.
- [102] 杨丽. 枸杞子颜色变化与物质基础相关性研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2015.
- [103] 龚媛, 刘敦华, 王旭. 枸杞干果色泽与化学成分的相关性研究 [J]. 食品科技, 2015, 40(10): 57-61.
- [104] 颜维民, 曹宝帅, 柳俊萍, 等. 化橘红药材外观颜色与柚皮苷含量相关性的探讨 [J]. 山西医药杂志, 2020, 49(10): 1280-1281.
- [105] 姜雨昕, 姜大成, 陈丽, 等. 知母中 3 种黄酮类成分的含量与颜色相关性研究 [J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(11): 198-202.
- [106] 屈玟珊, 李林媛, 戴全宽, 等. 不同产地西洋参的彩色色差分析 [J]. 广东化工, 2018, 45(5): 18-19.
- [107] 张天天, 侯芳洁, 李英, 等. 不同产地枸杞子微性状鉴别研究 [J]. 中药材, 2016, 39(5): 1010-1013.
- [108] 任伟光, 李文涛, 黄林芳. 当归颜色与其道地性分析 [J]. 中国医院药学杂志, 2015, 35(10): 890-894.
- [109] 周丽娟. 基于生产区划、商品规格及生物活性评价的姜黄道地性研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [110] 张燕, 吴滩, 陈芳, 等. 中药颜色的特点与应用 [J]. 中医药管理杂志, 2020, 28(3): 227-228.
- [111] 吴建华, 刘婧, 吴志瑰, 等. 颜色量化及其在中药中的应用研究进展 [J]. 江西中医药大学学报, 2016, 28(5): 114-115.
- [112] USP41-NF36 [S]. 2018: 4650-4652.
- [113] EP9.0 [S]. 2016: 1367-1368.
- [114] JPXVII [S]. 2016: 1857-1858.
- [115] KPX [S]. 2012: 1251-1280.
- [116] 刘根节, 巩海涛, 徐峰. 浅谈中药的性状与功用 [J]. 时珍国医国药, 2002, 13(5): 299-300.
- [117] 于虹. 论中药的法象药理 [J]. 中华中医药杂志, 2005, 20(11): 648-649.
- [118] 贾明艳, 冯亮. 光化学比色传感器阵列的研究进展 [J]. 分析化学, 2013, 41(5): 795-802.
- [119] 余莉, 黄维勇, 郭勇, 等. 比色卡提高医生对陶土色大便识别的调查研究 [J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(8): 692-698.
- [120] 韩晓燕, 冯旭, 许苗苗, 等. 血站实验室溶血、脂血比色卡的建立及探讨 [J]. 检验医学与临床, 2020, 17(18): 2665-2668.
- [121] 罗婕, 肖杰, 肖秀玲, 等. 持续膀胱冲洗引流液比色卡的研制 [J]. 护理学报, 2010, 17(19): 77-78.
- [122] 嵇升云, 王义玲, 孟利, 等. 新生儿黄疸比色卡的制作与应用 [J]. 解放军护理杂志, 2016, 33(19): 72-74.
- [123] 刘力. 大西洋鲑鱼肉色分级系统的研究与实现 [D]. 太原: 太原科技大学, 2014.
- [124] 陆逢贵. 基于机器视觉技术的糖熏鸡腿颜色识别研究 [D]. 锦州: 渤海大学, 2020.
- [125] 周碧青, 张素平, 张金彪. 分光光度法和比色卡法快速测定蜂蜜中羟甲基糠醛 [J]. 分析试验室, 2016, 35(5): 586-589.

[责任编辑 崔艳丽]