

药效相关的中药感官指标测定方法的研究进展

张天翼¹, 郭成杰¹, 郭宁², 王琪², 郑晓², 吴飞^{1,2*}, 冯怡^{1*}

1. 上海中医药大学 中药现代制剂技术教育部工程研究中心, 上海 201203

2. 上海中医药大学中药学院, 上海 201203

摘要: 传统的中药质量评价和控制手段主要依靠感官评价, 随着中药现代化的发展, 中药质量评价理念和技术水平均在提升, 感官评价作为一种中药质量评价的重要方式被重新重视, 针对中药药效相关感官指标, 主要介绍目前常用的测定方法和数据处理方法。测定方法包括化学定量测定、颜色评价、人工感官评价、动物偏好及动物评价实验、电子仿生设备评价等; 感官信息的数据处理方法包括化学计量学分析、模糊数学处理、雷达图、风味轮和感官分级系统。

关键词: 中药; 感官指标; 药效; 测定方法; 数据处理方法

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)02-0594-09

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.02.034

Research progress on measurement of sensory indexes related to pharmacodynamics of traditional Chinese medicine

ZHANG Tian-yi¹, GUO Cheng-jie¹, GUO Ning², WANG Qi², ZHENG Xiao², WU Fei^{1,2}, FENG Yi¹

1. Engineering Research Center of Modern Preparation Technology of TCM of Ministry of Education, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

2. College of Chinese Materia Medica, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

Abstract: The traditional methods used to evaluate and control the quality of traditional Chinese medicine (TCM) mainly rely on the sensory evaluation. With the development of modernization of TCM, the ideas and technologies of quality assessment of TCM are improving. The sensory evaluation as a kind of assessment methods has been refocused. The common determination and data analysis methods with the aim of estimating sensory indicators related to traditional Chinese medicine efficacy were mainly summarized in this review. The determination methods include quantitative measurement of chemical compositions, color evaluation, artificial sensory evaluation, animal preference and animal evaluation experiments, and artificial intelligence sense technology evaluation, etc. And, the statistical methods of sensory information cover chemometrics, fuzzy mathematics, radar chart, flavor wheel, and sensory grading system.

Key words: traditional Chinese medicine; sensory index; pharmacological effects; determination methods; data analysis methods

随着中医药的现代化和国际化研究, 中药的质量评价先后经过了外观形态鉴别、内在成分监测、整体质量评价阶段^[1], 随着一些中药的药效物质基础和体内代谢过程被揭示和阐明, 中药的科学性被证实。与此同时, 随着经济的发展和中医药生产加工和使用规模的扩大, 中药材质量问题逐渐凸显。几千年来, 传统的中药质量评价和控制手段主要依靠感官评价, 单独用化学评价手段往往很难全面快

速检测中药材的整体信息, 因此不能对层出不穷的中药材质量问题进行有效控制, 而感官评价更具有整体性和综合性, 对药效成分不明确的中药材也适用, 且经典的感官评价方法大多能够得到现代科学理论的支持且在科研和生产中行之有效^[2], 所以感官评价在当前中药材质量控制中的作用被重新重视, 本文主要介绍目前中药常用药效相关的感官指标的测定方法, 为同行研究者提供参考。

收稿日期: 2020-03-22

基金项目: 上海市卫健委科研基金资助项目 (201940296); 2017年上海中医药大学杏林青年学者基金资助项目

作者简介: 张天翼, 硕士研究生, 主要从事中药制剂工艺研究。Tel: (021)51322431 E-mail: 13188243364@163.com

*通信作者: 吴飞, 副研究员, 主要从事中药制剂工艺与质量控制研究。Tel: (021)51322431 E-mail: wufei_shutcm@126.com

冯怡, 教授, 主要从事中药制剂关键技术研究。Tel: (021)51322431 E-mail: fyi_shutcm@163.com

1 中药感官评价指标的类别区分

感官性质指由人体的感觉器官所感受到的物体的性质,如外观(形状、颜色等)、气味、味道、质构特性(硬度、黏性、弹性、颗粒感等)等。但并不是所有的感官指标都与中药的药效相关,其中一些指标仅用来区分中药的商品规格,目前在中药感官评价指标及其研究方法相关领域中,业内学者的主要切入点为研究与中药药效密切相关的感官指标。

1.1 与中药材商品规格相关的感官指标

与中药材商品规格相关的感官指标包括大小、形状、颜色和硬度等,这些指标的主要作用是在市场流通中划分中药的商品规格,以长宽比、圆球度等参数来对药材外形做定量表述,以比色法对药材颜色进行定量表述和分析,通过木材硬度测定仪、密度测定仪、孔隙度测定仪等对药材的硬度和孔隙度进行药材质地相关的物理指标测定^[3]。

1.2 与中药材药效相关的感官指标

与中药材药效相关的感官指标包括颜色、味道和气味等。中药材的优劣归根到底是由药效决定的,所以药效相关的中药感官评价具有更加重要的意义。药效相关的感官指标是感官定量评价的主要研究对象,它反映的是临床使用过程中中药能够发挥疗效的强弱,如味道和气味等评价指标是传统中药药性理论中“四气”“五味”的体现,是中医理论指导用药的重要依据。

传统感官评价方法在中药鉴定、中药炮制及中药生产等方面发挥着重要作用。但传统感官评价方法大多为主观描述性指标,准确性相对较差,经验传承困难,评判结果的重现性差^[4-5]。因此有专家指出,应借助先进的技术手段,本着实用性(快速、简便)、相关性(能够较好反映品种、产地、疗效的差异)、客观性(定性或定量评价有据,重现性好)的原则,筛选出与药材疗效优劣具有直接关系且稳定、可靠的指标,以达到对药材的质量进行定性或定量化评价和控制的目标^[2]。在此理念的基础上,本文对中药材常用药效相关的中药感官评价指标测定方法进行综述。

2 药效相关的中药感官指标的测定方法

理化鉴别方法已经比较成熟,而目前中药性状鉴别方法中的颜色、气味、味道指标的感官鉴别,多依赖于个人经验,受主观因素影响较大,评价标准难以统一。近年来,中药感官指标的客观量化技

术取得了进步,许多感官信息测定技术在中药评价领域中逐步得到应用^[6],但总体来说评价手段在中药感官定量评价中的应用并不成熟,中药感官定量尚缺乏系统的梳理,也未能形成独立的评价体系。根据测定参数的不同,中药药效相关的感官信息测定方法多样。目前常用的中药感官指标的测定方法包括化学定量测定、颜色评价、人工感官评价、动物偏好及动物评价实验、电子仿生设备评价等。

2.1 化学定量测定

对于风味成分很明确的中药,使用高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)、紫外分光光度法(ultraviolet and visible spectrophotometry, UV)、气相色谱法(gas chromatography, GC)、高效液相色谱-质谱联用法(high performance liquid chromatography coupled mass spectroscopy, HPLC-MS)等直接进行定量测定。如苦味的小檗碱、柚皮苷、穿心莲内酯、吴茱萸内酯(柠檬苦素),酸味的枸橼酸(柠檬酸)、苹果酸,涩味的茶多酚、表没食子儿茶素没食子酸酯、没食子酸酯、五倍子鞣质,清凉气味的薄荷脑(薄荷醇)、薄荷酮等。

郝晔等^[7]建立了UV法测定苦味成分盐酸小檗碱含量的方法,从而测定了盐酸小檗碱掩味微丸的含量均匀度、上药量、溶出度等。吴菲菲等^[8]在柑橘皮脱苦工艺的研究中也用UV法测定柚皮苷的含量。唐琴等^[9]用HPLC法测定苦茶中儿茶素和咖啡碱,初步解释了尤溪苦茶的苦涩味突出是由于儿茶素等成分含量高引起的。谢道生^[10]对黄芪药材的主要豆腥物质正己醛和多种化学组分进行定量检测,验证了传统经验的“豆腥味浓者,为佳”。

对于一些感官呈味成分不明的药材来说,以类似成分作为含量测定指标,进行感官及感官变化的测定指标,也具有一定的可行性。如王昶等^[11]以次黄嘌呤作为地龙中引起不良气味的含氮杂环化合物的指标成分进行环糊精包合工艺研究,王俊杰^[12]以绿原酸作为金银花和连翘合煎液中苦味成分的指标进行双黄连掩味工艺研究。

2.2 颜色评价

中药材的颜色是重要的性状指标,研究表明许多中药材的颜色与其内在有效成分有一定的相关性^[13],如黄芩中的黄芩素^[14],红花中的羟基红花黄色素A^[15],姜黄中的姜黄素^[16],枸杞中的类胡萝卜素和芦丁^[17]。中药颜色的细微差异往往也预示着其内在有效成分的差异,从而导致中药材的质量和临

床疗效可能存在差异,因此对中药材的颜色进行客观、定量的描述对中医药行业的发展有较好的实用价值。

传统的标准中均以描述性的语言进行非定量控制。目前的颜色量化研究借鉴了其他行业成熟的测定设备,如利用颜色检测仪器和计算机图像处理手段测定中药的颜色^[18]。在不同的颜色模型中,R(红色)、G(绿色)、B(蓝色)是3种颜色通道,它们相互叠加得到各种颜色,是屏幕显示的发光的色彩模式;C(青色)、M(洋红色)、Y(黄色)、K(黑色)是彩色印刷时的4种标准颜色,是印刷品依靠反光的色彩模式;同样的,L*(明度值)、a*(红绿分量值)、b*(黄蓝分量值)也是3个通道,它定义的色彩范围最大。

2.2.1 颜色检测仪器 常见的颜色检测仪器有色差计和分光测色仪。王光宁等^[19]采用色彩色差计对广陈皮颜色进行客观量化研究,外观颜色是判断其陈化年份和药效质量的重要指标之一,该研究采集到了不同陈化年份的广陈皮的L*、a*、b*,采用非参数检验、秩相关检验法和判别分析等统计学方法对陈化年份与L*、a*、b*之间的相关性进行分析,最终建立了基于L*、a*、b*的广陈皮陈化年份的数学判别模型,为广陈皮的质量控制研究提供了新思路。一般来说,色差计会有一定的失真,因此只能给出相对数据,更适合用来判断色差,而分光测色仪采用的是光谱分析原理,能准确地测出颜色的绝对值,在食品和药品领域广为使用,又称电子眼或视觉分析仪。刘娟汝等^[20]采用分光测色仪测定青黛粉末及提取液的色度值,对青黛中靛蓝、靛玉红的含量与其色度值进行相关性及多元线性回归分析,证明青黛的颜色与有效含量有相关性,青黛粉末外观颜色较深者有效含量较高,青黛粉末色度值与有效含量的相关性比提取液的相关性大,采用分光测色仪测定青黛色度值的方法具有稳定性、科学性和可靠性,为青黛快速鉴别方法提供参考依据。

2.2.2 图像处理技术 图像处理技术可以提取图片的颜色空间,并计算出颜色参数用于颜色的量化评价。Xu等^[21]以红花为代表,考察颜色特征在有效成分评估中的应用,建立了实验室的计算机视觉系统采集颜色参数,将红花中的羟基红花黄色素A的含量与红花的RGB、L*a*b*和HSV颜色空间等颜色参数建立联系,用颜色判断羟基红花黄色素A的含量。

上述这些颜色评价技术,都可以对颜色信息进

行量化,进而建立颜色信息与药效指标的相关性,实现通过量化评价颜色达到控制中药质量的目的^[22]。

2.3 人工感官评价

人工感官评价即人工对中药材的味道、气味和颜色等进行描述和打分。德尔菲法是一种对中药材进行人工感官评价的方法,又称专家调查法,是采用背对背的通信方式征询专家小组成员的预测意见,专家根据经验对样品等级独立评测,最后对评测的主要感官指标加以统计^[23]。王浩等^[24]采用德尔菲法重新制定白术商品规格等级准则,将白术横切面油点的数量、横切面颜色、表面颜色、横切面菊花纹等与药效相关的感官特征作为新的标准。对中药药效相关的感官特征进行德尔菲法评价可以在一定程度上避免主观因素,具有一定的客观性和规范性。

人工感官评价法是一种简便、易行、有效的感官测定方法,但是仍有一定的主观性,评测人员容易产生感官疲劳,且因安全性和伦理学问题对有毒性成分的药物不适用。

2.4 动物偏好及动物评价实验

口感评价是一种集合了味觉、嗅觉和感觉的综合指标,单独设定口感评价的参数信息难免不够全面。很多哺乳动物的味觉感知系统与人具有一定的相似性,所以通过合理的试验设计,通过动物对味觉、颜色或其他特殊指标的喜好、厌恶的反应做出的相关举动而进行判断,这种感官评价方法也适用于中药制剂口感评价,特别是有毒或刺激性强而不适用于人体感官评价的中药制剂,目前最常用的动物偏好实验是双瓶喜好实验,实验过程中,受试动物首先适应性饲养一段时间,正常喂食及去离子水,然后在不禁食的条件下,将装有样品溶液和去离子水的水瓶同时置于饲养笼盖上,一段时间后记录两者消耗的体积。

在味觉生理领域,可以通过动物对特定口感的偏好进行样品的评价。大鼠的味觉结构和味觉偏好与人类相似,并且能对厌恶的物质做出回避反应^[25]。韩雪等^[26]采用涩味标准物鞣酸进行双瓶喜好实验的方法学优化及验证,确定标准实验动物为140~180g的雌性大鼠,得到鞣酸浓度-动物偏好指数的函数关系 $Y=\ln(1.6826-0.44166X)$, $r=0.9973$ 。建立评价模型后,成功对典型涩味中药诃子、矮地茶、青果、儿茶、大腹皮进行涩味的精准量化评价。Han等^[27]优化双瓶偏好实验,得出了奎宁浓度与动物偏

好指数的关系,然后利用双瓶偏好实验测定中药的动物偏好指数,利用浓度与动物偏好指数的关系,将苦味结果转化为统一的数值系统。用人工打分评价和电子舌验证测定结果的准确度和灵敏度,结果证明该方法可以较好的区分不同苦味程度的药材。

同样,通过动物的器官或组织对特殊药物刺激性差异或特殊化合物的反应,也可以进行样品的评价。中药的炮制会显著改变药材的感官性质,如半夏、天南星、白附子、川乌等的炮制均需要确保其口感微有麻舌。对于刺激性评价主要的动物试验模型为家兔眼刺激性试验模型、家兔皮肤刺激性试验模型和豚鼠皮肤刺激性试验模型等。通过观察机体对受试物作用后的反应,并进行评分,从而评价刺激性强弱^[28]。果蝇、蜜蜂和飞蛾等昆虫的味觉受体神经中的化学感受器可以感受环境中的化学物质,帮助昆虫判断食物味道并做出行为反应^[29]。Jiang 等^[30]研究了成年雌性棉铃虫对4种浓度果糖的长鼻扩展反射,结果表明用0.01 mol/L D-果糖刺激成年雌性棉铃虫触角末端就会显著提高长鼻扩展反射,当使用果糖浓度高达1 mol/L时,长鼻扩展反射反应以剂量相关性方式增加,为中药甜度值的量化提供了新的思路。

2.5 电子仿生设备评价

针对人工评价法的缺点和不足,近年来,随着仿生学技术和材料学的进步,模拟人体味觉细胞和嗅细胞感知原理的电子仿生评价设备电子舌、电子鼻相继被开发并用于药物口感的评价。

专家较早便开始尝试以电子舌、电子鼻的感官评价方法对中药药效物质基础进行评价^[31]。曹煌等^[32]利用电子鼻和电子舌技术对辛味中药、物质组群、单体的嗅觉、味觉(即气、味)进行表征,建立辛味中药的药味物质基础分析的方法。选用代表性的5种辛味中药,以药材、物质组群及单体成分作为待测样品,对样品的嗅觉、味觉进行电子鼻、电子舌检测,采用主成分分析(principal component analysis, PCA)法对数据进行分析。结果显示,电子鼻PCA结果中,各个样品能很好地被区分,且具有明显辛味的成分归为一类;电子舌PCA结果中,不同味道的样品在图中分布位置不同。电子鼻和电子舌能够对中药样品进行区分,结合PCA及药物功效,可以对药物物质组群的嗅觉及味觉进行初步的表征。Zhang 等^[33]以4种不同提取方式对陈皮中黄酮类化合物和挥发油化合物提取效果进行综合评价,

利用电子鼻、电子舌和电子眼对4种不同提取方式的提取物进行分析,判断陈皮颜色、味道、气味的成分来源,用HS-SPME-GC-MS和LC-MS对提取物进行含量测定,结合两种评价方法综合分析不同方式提取的效率,并最终确定了陈皮的最优提取工艺。Hajdari 等^[34]对不同采集地的巴戟天进行化学分析和感官分析,利用GC-MS分析精油,利用HPLC-UV-DAD分析提取液,用电子鼻表征其芳香特征,结果为电子鼻图谱与精油谱具有相关性,2种方法可以区分出不同植物药材标本间的化学型表达及感官特征差异。

需要注意的是,因电子舌、电子鼻用来感知味道、气味的传感器与人体味觉、嗅觉感受器存在系统差异,目前的研究均属于探索性质的,关键的是将感官仿生设备采集的信息与人工评价的真实信息进行相关性分析,才能使结果可靠。如邓雨娇等^[35]利用人工打分评价结合电子鼻系统对美洲大蠊的炮制矫味工艺进行研究。而随着材料学的进一步发展,研究人员将开发与人体味觉嗅觉感受器更趋一致且耐用性更好的材料。

3 常用的感官信息的数据处理方法

对于中药药效相关指标的感官测定来说,与测定手段的多样化同步发展的,是对测定数据统计处理技术的进步。对于多指标、多维度的感官测定数据的处理方法主要包括化学计量学分析、模糊数学分析等,还可用雷达图、风味轮、分级评价等方式对感官测定数据进行直观展示和对比。

3.1 化学计量学分析

化学计量学是一门新兴的化学分支学科,被广泛应用于分析化学的各个领域^[36],对现有研究中中药材感官信息定量时常用的化学计量学方法进行总结,并参照《化学计量学方法》^[37]及《化学计量学方法及MATLAB实现》^[38],整理出以上各计量学方法的分类关系及用途见表1。

目前,化学计量学与中药感官信息测定相结合的方法已经应用于中药材的炮制、鉴别、质量评价等过程中。如段金芳等^[43]运用电子眼和电子舌技术进行颜色和味道测定,所得数据用PCA法进行分析,主成分之和分别为94.618%、94.98%,识别指数分别为98、93,说明山茱萸全部样品能够通过电子眼和电子舌很好地区分开来,综合HPLC法测定含量和建立相对校正因子计算各成分的量所得结果,优选出山茱萸最佳蒸制时间。Li 等^[44]在区分红

表1 化学计量学方法的分类关系及用途

Table 1 Classification relationships and applications of chemometrics

一级分类	用途	二级分类	用途	三级分类	用途
显著性检验	判断测定获得的数据之间是否有显著差异				
实验设计与优化	利用数学原理合理安排试验点, 以迅速找到试验的最佳点, 适用于试验指标与因素间不能用数学式表达或表达式很复杂时	正交设计试验	根据正交原理从全面试验中选择有代表性的点, 研究多因素、多水平对结果影响 ^[39]		
		响应面设计	采用多元二次回归方程拟合试验中因素与响应值间的关系, 以解决实验中多个条件的最优选择问题		
化学模式识别	揭示化学量测所得高维数据内部规律的一种多元分析技术	多元统计分析方法	在多个对象和多个指标互相关联的情况下分析它们的统计规律	PCA FA	具有降维和分类的特点, 适用于变量之间存在较强相关性的数据, 可应用于处理复杂的指纹图谱信息, 简化分析过程 ^[40] 在多个变量中找出具有代表性的变量, 将相同本质的变量归入一个因子。PCA与FA在表达上的侧重不同, PCA是新变量表达为原变量的线性组合, 而FA是原变量表达为新变量的线性组合
		无监督模式识别	不依赖事先定义的分类标准对一批样品信息进行分类	聚类分析	其分类准则使得未知样本的类间差异最大, 而类内差异最小
		有监督模式识别	依赖事先定义的分类标准预报未知样品的分类属性	SIMCA 判别分析	基于PCA的识别方法, 可以弥补PCA在建模时不包含分类信息的缺点 基于判别函数进行学习和分析, 可同时具有分类和预测的功能, 适用于总体样本分类准确且样本量够大的数据
		相似系数和距离	度量样品(或变量)之间的相似程度	余弦相似度 距离	判断变量间的相似性, 反映样品间的亲疏程度
化学校正理论	利用已有理论假设已知变量与待知变量之间的关系符合某种数学模型	回归分析	确定两种或两种以上变量间相互依赖的定量关系	相关分析 多元线性回归分析	研究随机变量间是否存在某种依存关系, 并探讨相关方向及相关程度 通过确定多个自变量与因变量之间的线性相关数学表达式预测因变量
		偏最小二乘法	通过最小化误差的平方和找到一组数据的最佳函数匹配, 其数学基础是PCA		
人工神经网络	有效地对模型不确定的数据进行大规模非线性自适应信息处理, 适用于复杂的非线性的数学处理 ^[41]				
灰色关联度模型	基于灰色系统的灰色过程进行因素间相互关联度的比较, 确定影响最大的主导因素, 是一种研究动态过程的分析方法 ^[42]				

FA-因子分析 SIMCA-簇状独立软模式

FA-factor analysis SIMCA-soft independent modeling of class analogy

参和高丽参的研究中开发了电子鼻与化学计量学相结合的方法,通过PCA分析全部样品,对大多数样本建立判别因子分析(discriminant factor analysis, DFA)和SIMCA模型,剩余样本以黑点的形式投影到DFA和SIMCA模型中用来验证模型,证明使用电子鼻、PCA、DFA和SIMCA可以成功地区分中国红参和韩国人参。乔歌^[45]在动物类生药的质量评价研究中,对多种化学成分测定的基础上,依据灰色理论中相对关联度的计算方法,构建灰色关联度模型,对不同产地的全蝎、蜈蚣、土鳖虫和僵蚕质量进行综合评价。

化学计量学在复杂分析中已经具有广泛的应用,是一种处理色谱信息等高维数据的强有力的工具和手段,特别适用于中草药这样的复杂分析体系,已经成功用在包含代谢组学等方向的中药药效物质基础研究领域,近年来,化学计量学方法不断发展,其在中药感官评价中的应用前景也更加广泛。

3.2 模糊数学处理

由于模糊数学方法可以将一些边界不清、不易量化的因素量化,可以用现代的数学语言对哲学的、医学的、感官的信息描述和量化,已被用于中药药性理论、中药配伍理论、中医诊断学等领域,而感官评价指标尤其适合使用模糊数学手段进行量化评估。

模糊数学在中药材的口感评价中较为常用,可对人工打分结果进行统计分析。与其他方法相比,模糊数学评价手段最大的优点是既可以对主观评价指标进行量化,也可以结合主观评价指标和客观评价指标,最终获得各指标合理的权重。

3.3 雷达图

雷达图是以从同一点开始的轴上表示的3个或更多个定量变量的二维图表的形式显示多变量数据的图形方法。雷达图可以用来表达中药材电子鼻指纹图谱,中药材电子舌响应值、中药材的整体感官评价等。

方文韬等^[46]在建立基于电子鼻技术对多花黄精不同产地、不同生长年限及不同加工方法的药材的鉴别方法时,利用雷达图对电子鼻的响应值特征数据进行统计学分析,结果为电子鼻检测结合雷达图可以判别不同产地、不同加工方法和不同生长年限的多花黄精,该研究提供了一种有效、客观和简便的定性鉴别技术。

雷达图的优点是将抽象的数据用形象的雷达

图表达出来,提取的图形特征同时刻画数据样本的内部数据结构以及样本间的各种关系。而且形象的图形特征可能会有利于视觉上的分类或聚类^[47]。

3.4 风味轮和感官分级系统

风味轮和感官分级系统广泛应用于食品行业的感官评价方法,中药的感官信息与食品具有相同的特性,认为可以借助风味轮和感官分级系统对中药的感官信息进行描述。

3.4.1 风味轮 风味轮可以为风味的感官描述提供一套完整的描述语体系^[48],中药风味轮的构件可以参照食品行业,一般需要选取具有代表性和显著差异性的样品,由评价人员用适当的评论语记下感觉到的所有味道和气味感官性质,对所得评论语进行筛选和整理归类,最后绘制出代表中药风味性质的风味轮。

3.4.2 感官分级系统 感官分级系统主要建立在质量指标法的基础上,结合理化指标和卫生指标等,采用专业的术语对产品进行定量描述,方法是通过预先对某一种食品的外观,风味,质地等参数指标的观察而形成评分系统,之后应用与已形成的评分系统对食品的新鲜度进行评价和预测^[49]。对中药感官定量评价有借鉴意义,如建立“道地药材”的评分系统,与其他药材相比较。

4 结语

中药的感官评价是中药评价的重要方法,本文对中药的颜色、气味和味道等药效相关感官指标的主要测定方法和数据处理方法进行介绍。其中测定方法有药效成分的化学定量测定、颜色评价、人工感官评价法、动物偏好及动物评价实验和电子仿生设备评价,对感官信息的数据处理方法有化学计量学分析、模糊数学处理、雷达图、风味轮和感官分级系统。中药的感官评价作为传统的中药质量评价方式之一,须通过合理的技术组合可以发挥最好的效果。因很多时候还属于主观评价的范畴,合理的数据处理仍然是需要改善的环节,所以与合适的数学统计方法相结合是发挥感官评价优势及结论可靠的重要步骤。感官评价与其他评价方式的合理结合是发挥感官评价效果的另一个关键点,如将感官评价与化学分析方法结合,找到“感官信息-数字化信息-内在物质基础”之间的相关性^[50],将中药感官定量评价与化学评价和生物评价进行关联,建立中药材质量的综合评价体系^[51]。随着此领域研究的不断进行,多种评价方式和方法的结合,也可以扩展

感官评价在中药领域中的应用范围, 更好的解决在中药饮片鉴定及贮存方式、中药炮制加工、中药材质量和中药制剂工艺优化等方面存在的难点, 不仅有助于感官评价技术的进步和标准化, 也为中药质量规范提供合适的技术手段。

中药感官定量评价可以广泛应用于中药外观质量标准化、炮制工艺标准化和中药制剂的处方优化等领域, 是中药深度融入现代社会生活, 在中医药大健康发展热潮中更广泛应用, 发挥传统中医药理论优势的重要一步。目前在中医药发展过程中, 使用现代技术手段进行中药性味的科学阐述已经进行了多年的卓有成效的探索。如 Sun 等^[52]采用动物热致性行为监测系统, 研究附子、干姜及两者合用对小鼠热致性行为的影响, 探讨附子在不加干姜的情况下“热”性是否较低; Wang 等^[53]利用基于UHPLC/Q-TOFMS 方法的代谢组学研究中药药性的寒热理论; 潘超^[54]也基于微量热技术对中药寒热药性建立了可视化、量化、可重复的技术方法; 张静雅课题组^[55-59]先后对中药“五味”的味觉受体和物质基础进行了阐述与概括。

但在对中药的药效相关感官特征定量评价时, 其评价方法还面临一定的问题。目前中药感官定量评价的相关理论和技术还不完善, 需要进一步借鉴食品、纺织、农业等行业的检测手段和评价技术。未来的人工感官定量评价方向可参考食品领域的风味轮和感官分级系统, 建立完整的中药感官评价术语集, 为人们认识和研究中药气味特征提供依据。未来对中药的感官定量评价依然将主要依靠电子仿生设备, 因此研究人员需要进一步完善电子鼻和电子舌等仿生设备在中药领域方面的应用, 提高信息的可靠性; 研究和制作针对中药的专用智能检测器, 以提高仪器的精准度和使用寿命, 并不断提高智能感官的模式识别系统部分的数据库丰富度。除此之外, 还可以开发专用的中药感官定量评价设备和技术, 在保持中药的整体特性的同时, 解决中药成分复杂带来的安全性、稳定性问题。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 李发美, 熊志立, 鹿秀梅, 等. 中药质量控制和评价模式的发展及系统生物学对其的作用 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2009, 11(1): 120-126.
- [2] 张学儒, 王伽伯, 肖小河, 等. 从大黄药材商品规格市场现状论中药材感官评价量化研究的必要性 [J]. 中

草药, 2010, 41(8): 1225-1230.

- [3] 刘梦楚. 基于“辨状论质”及气、味数字化的砂仁药材质量评价研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
- [4] 李波, 高文远, 李霞, 等. 根及根茎类中药材商品规格等级标准研究探讨 [J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(2): 6-10.
- [5] 冷晓红, 陈海燕, 郭鸿雁. 电子鼻技术在中药领域的应用 [J]. 西北药学杂志, 2019, 34(3): 426-428.
- [6] 胥敏, 杨诗龙, 李欣逸, 等. 基于性状客观化的五种芸香科中药鉴别研究 [J]. 中药与临床, 2015, 6(6): 1-4.
- [7] 郝晔, 王祺玥, 董泽民, 等. 精制的聚丙烯酸树脂IV号用于盐酸小檗碱掩味微丸的制备及评价 [J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(2): 159-163.
- [8] 吴菲菲, 李化强, 赵良忠, 等. 微切变-助剂互作技术脱除橘皮苦味物质柚皮苷的工艺研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(7): 2743-2748.
- [9] 唐琴, 孙威江, 陈志丹, 等. 尤溪苦茶资源苦涩味物质测定与分析 [J]. 食品科学, 2019, 40(18): 242-247.
- [10] 谢道生. 黄芪药材豆腥味与品质关联性研究 [D]. 太原: 山西大学, 2010.
- [11] 王昶, 魏文峰, 张树明, 等. 地龙 β -环糊精包合除味工艺研究 [J]. 中草药, 2013, 44(3): 282-285.
- [12] 王俊杰. 中药复方双黄连掩味技术及掩味效果评价方法研究 [D]. 上海: 上海中医药大学, 2006.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 解达帅. 基于智能感官技术和模式识别的中药炮制“火候”的研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2017.
- [19] 王光宁, 何瑞瑜, 陈天娇, 等. 广陈皮的外观颜色客观量化及其陈化年份判别模型的建立 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(22): 22-27.
- [20] 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.
- [21] Xu M F, Du C Z, Zhang N, *et al.* Color spaces of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for quality assessment [J]. *J Tradit Chin Med Sci*, 2016, 3(3):168-175.
- [22] 黎江华, 吴纯洁, 孙灵根, 等. 基于机器视觉技术实现中药性状“形色”客观化表达的展望 [J]. 中成药, 2011, 33(10): 1781-1784.
- [23] 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): 1724-1737.
- [24] 王浩, 陈力潇, 黄璐琦, 等. 基于德尔菲法对中药白术商品规格等级划分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(5): 802-805.
- [25] Noorjahan A, Amrita B, Kavita S. *In vivo* evaluation of taste masking for developed chewable and orodispersible tablets in humans and rats [J]. *Pharm Dev Technol*, 2014, 19(3): 290-295.
- [26] 韩雪, 姜红, 林俊芝, 等. 基于动物偏好指数与电子舌评价关联的中药涩味整体量化表征方法研究 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(3): 486-492.
- [27] Han X, Jiang H, Han L, *et al.* A novel quantified bitterness evaluation model for traditional Chinese herbs based on an animal ethology principle [J]. *Acta Pharm Sin B*, 2018, 8(2): 209-217.
- [28] 黄永亮, 张小琳, 黎江华, 等. 关于中药“麻味”及其量化评价方法的思考 [C] // 中华中医药学会中药炮制分会 2009 年学术研讨会论文集 [A]. 武汉: 中华中医药学会, 2009: 26-30.
- [29] Rimal S, Lee Y. Molecular sensor of nicotine in taste of *Drosophila melanogaster* [J]. *Insect Biochem Mol Biol*, 2019, 111: 103178.
- [30] Jiang X J, Ning C, Guo H, *et al.* A gustatory receptor tuned to D-fructose in antennal sensilla chaetica of *Helicoverpa armigera* [J]. *Insect Biochem Mol Biol*, 2015, 60: 39-46.
- [31] 李文敏, 吴纯洁, 艾莉, 等. 基于电子鼻、电子舌技术实现中药性状气味客观化表达的展望 [J]. 中成药, 2009, 31(2): 282-284.
- [32] 曹煌, 张铁军, 张静雅, 等. 基于电子鼻和电子舌技术的辛味中药气-味的表征研究 [J]. 中草药, 2016, 47(11): 1962-1967.
- [33] Zhang H J, Cui J F, Tian G F, *et al.* Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel [J]. *Food Chem*, 2019, 289: 340-350.
- [34] Hajdari A, Giorgi A, Beretta G, *et al.* Phytochemical and sensorial characterization of *Hyssopus officinalis* subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman (Lamiaceae) by GC-MS, HPLC-UV-DAD, spectrophotometric assays and e-nose with aid of chemometric techniques [J]. *Eur Food Res Technol*, 2018, 244(7): 1313-1327.
- [35] 邓雨娇, 李燕, 贺亚男, 等. 基于主客观嗅觉评价结合挥发性成分分析优选美洲大蠊去腥矫臭炮制方法 [J]. 中草药, 2020, 51(2): 338-347.
- [36] 韩胜男, 张晓杭, 周培培, 等. 化学计量学在中药组效关系研究中的应用进展 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(14): 2595-2602.
- [37] 许禄. 化学计量学方法 [M]. 第 2 版. 姚志湘, 褚小立, 粟晖, 译. 北京: 科学出版社, 2014: 163-176.
- [38] 史永刚, 粟斌, 田高友. 化学计量学方法及 MATLAB 实现 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2010: 85-279.
- [39] 张慧, 汪佳楠, 陈燕, 等. 化学计量学在中药配方颗粒制备工艺与质量评价中的应用 [J]. 中药材, 2019, 42(2): 474-478.
- [40] 张爱丽, 毕宇安, 张庆芬, 等. 金振口服液矫味工艺研究 [J]. 中草药, 2013, 44(5): 562-565.
- [41] 孙立丽, 王萌, 任晓亮. 化学模式识别方法在中药质量控制研究中的应用进展 [J]. 中草药, 2017, 48(20): 4339-4345.
- [42] 李力, 潘倩雯, 刘宏. 灰色关联度分析法在中药谱效学研究中的应用 [J]. 中国药房, 2018, 29(11): 1581-1584.
- [43] 段金芳, 肖洋, 刘影, 等. 一测多评法与电子眼和电子舌技术相结合优化山茱萸蒸制时间 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1108-1116.
- [44] Li S, Li X R, Wang G L, *et al.* Rapid discrimination of Chinese red ginseng and Korean ginseng using an electronic nose coupled with chemometrics [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2012, 70: 605-608.
- [45] 乔歌. 基于灰色关联度模型的动物药材质量评价模式研究 (II) [D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2009.
- [46] 方文韬, 赵丽蓉, 张虹, 等. 基于电子鼻技术多花黄精药材的鉴别研究 [J]. 现代农业科技, 2019(22): 41-43.
- [47] 崔建新, 高海波, 洪文学. 基于雷达图特征提取和近红外光谱技术的葛根粉鉴别方法研究 [J]. 高技术通讯, 2015, 25(7): 719-724.
- [48] 王栋, 经斌, 徐岩, 等. 中国黄酒风味感官特征及其风味轮的构建 [J]. 食品科学, 2013, 34(5): 90-95.
- [49] 汪黎. 感官分级系统及其在食品中的应用 [J]. 肉类研究, 2010, 24(7): 60-62.
- [50] 邹慧琴. 基于“气”仿生嗅觉系统在中药品质整体评价中的方法学研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.

- [51] 李小阳. 基于“感官—化学—生物”指标的当归综合质量评价研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2019.
- [52] Sun Z Y, Zhao Y L, Wang J B, *et al.* Research on Fuzi based on animal thermotropism behavior to discover if it has fewer “hot” characteristics without Ganjiang [J]. *J Tradit Chin Med*, 2012, 32(2): 208-214.
- [53] Wang Y, Zhou S J, Wang M, *et al.* UHPLC/Q-TOFMS-based metabolomics for the characterization of cold and hot properties of Chinese materia medica [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 179: 234-242.
- [54] 潘超. 基于微量热技术的中药寒热度量分析研究方法 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2016.
- [55] 张静雅, 曹煌, 龚苏晓, 等. 中药咸味药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. *中草药*, 2016, 47(16): 2797-2802.
- [56] 张静雅, 曹煌, 龚苏晓, 等. 中药甘味的药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. *中草药*, 2016, 47(4): 533-539.
- [57] 张静雅, 曹煌, 许浚, 等. 中药苦味药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. *中草药*, 2016, 47(2): 187-193.
- [58] 曹煌, 张静雅, 龚苏晓, 等. 中药酸味的药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. *中草药*, 2015, 46(24): 3617-3622.
- [59] 孙玉平, 张铁军, 曹煌, 等. 中药辛味药性表达及在临证配伍中的应用 [J]. *中草药*, 2015, 46(6): 785-790.

[责任编辑 崔艳丽]