

• 专 论 •

粉末中药鉴别方法的研究进展与思考实践

吴 娜, 杨诗龙, 严 丹, 彭 伟, 胥 敏, 张 超, 李欣逸, 刘玉杰, 吴纯洁*

成都中医药大学药学院, 四川 成都 611137

摘 要: 粉末中药在医药行业中应用广泛, 其真伪优劣直接影响临床用药的安全、有效, 因此对粉末中药进行真伪优劣的鉴别, 保证其质量尤为关键。通过查阅文献, 在归纳总结现有粉末中药鉴别方法的基础上, 展望了其发展趋势, 认为鉴别技术的发展关键在于采用适当的技术和方法对中药特征的挖掘和拓展应用。随着仿生学技术的发展, 性状客观化得以实现, 因此提出以“气、味”性状特征为切入点, 采用电子鼻与电子舌技术实现粉末中药鉴别的新思路, 并以川贝母粉与浙贝母粉为例, 探索技术的可行性。

关键词: 中药; 粉末; 鉴别; 电子鼻; 电子舌; 智能感官分析技术

中图分类号: R282.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2015)10-1413-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.10.001

Advances in consideration and application of identification methods for powdered Chinese materia medica

WU Na, YANG Shi-long, YAN Dan, PENG Wei, XU Min, ZHANG Chao, LI Xin-yi, LIU Yu-jie, WU Chun-jie

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

Abstract: Powdered Chinese materia medica (CMM) is widely applied in the field of medicine. Because their qualities directly influence the safety and efficiency of clinical medication, it is very important to conduct the identification of powdered CMM in order to supply an excellent quality for clinical medication. In this paper, a review on the current identification methods was carried on through reading many relative papers. Subsequently we further searched for their evolvement trend, then the new viewpoints that the key of the development of identification technologies lies in using proper technologies and methods to dig CMM characteristics and to expand its application were proposed based on concluding these methods. The embodiment of description comes true as the development of Bionic Technology. Therefore, in this work, we proposed a new thread that on the basis of “odor and taste”, with the help of electronic nose and electronic tongue technologies, a successful identification of powdered CMM has been accomplished. Additionally, the authors express their views about the identification methods by adopting *Fritillaria Unibracteata Bulbus* and *Fritillariae Thunbergii Bulbus* powders as experimental materials.

Key words: Chinese materia medica; powder; identification; electronic nose; electronic tongue; intelligent sensory analysis technique

粉末是一种常见的中药饮片形式^[1]。粉末中药即粉末类中药, 有自然状态下呈粉末状态者, 如蒲黄、松花粉等; 有为保证临床疗效、便于施用、节约资源等, 需打粉用者, 如三七粉、人参粉等。粉末中药作为其临床应用的一种基本形式, 其应用有着悠久的历史, 在中医临床治疗和中成药生产中占

有重要地位。有些单味中药可直接以粉末形式吞服或冲服, 如川贝母、三七等; 有些中药复方汤剂中必须以中药粉末的形式进行煎煮, 如逍遥散、泻白散等; 有些传统剂型中中药直接以粉末形式入药, 如丸剂、散剂等。目前, 粉末中药使用普遍, 在《中国药典》2010年版以及地方炮制规范中都有大量收

收稿日期: 2014-12-17

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2012BAI29B11): 中药饮片品质评价与质量监控新技术研究及示范; 四川省科技计划项目(2009SZ0048): 中药炮制关键技术研究

作者简介: 吴 娜(1988—), 女, 硕士在读, 研究方向为中药炮制与制剂。Tel: 18780077639 E-mail: wunagood_2008@163.com

*通信作者 吴纯洁, 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为中药炮制与制剂。Tel: (028)61801001 E-mail: wcj-one@263.net

载,目前《中国药典》2010 年版以及北京、四川和湖南省炮制规范中收录的粉末中药情况见表 1。

表 1 药典及炮制规范中粉末中药收录情况

Table 1 CMM powder recorded in current Chinese Pharmacopoeia and provinces' standards of processing

粉末中药	分类	数量/味
自然状态为粉末者	植物类	12
	动物类	1
	矿物类	11
常打粉为用者	植物类	21
	动物类	22
	矿物类	40

中药质量是中药安全性和有效性的客观表征,保证中药质量是确保临床疗效的关键^[2]。在现行的药品标准中,植物、动物、矿物类的原药材已有相应的质量标准,而直接针对粉末中药的甚少,有的尽管有了相应的质量指标规定,但由于产地、加工方法以及人为等因素的影响,加之监管乏力,导致粉末类中药存在较多质量隐患^[3]。另外,由于粉末中药在性状上较为特殊,不具有常规中药材及饮片形式下的明显纹理、断面等特征,多数具有相同或相似的颜色,这给粉末中药的鉴别带来一定困难,掺假使劣现象严重。因此,为控制粉末中药质量,保证临床疗效,对其进行真伪优劣鉴别尤为关键。

1 粉末中药鉴别方法的研究进展

随着现代科学技术的发展,不断有新技术和理论应用于中药鉴别领域,与粉末中药相关的鉴别方法也得到日益发展和完善。本文对这些方法进行了归纳,并详细阐述其在性状鉴别、显微鉴别、物理化学鉴别等方面的研究进展。

1.1 性状鉴别

性状鉴别作为中药鉴别常用的方法,在保证中药质量方面发挥了重要作用。性状鉴别即通过眼观、手摸、鼻闻、口尝、水试、火试等手段,对中药的形状、大小、色泽、表面、质地、断面、气味等多种特征进行观察,以此辨别中药的真伪优劣^[4]。与中药材及饮片相比,粉末中药虽在鉴别指标上散失了断面纹理、表面、形状等特征,但却具有独特的气、味、颜色、粒径以及水试和火试等方面的特征,可依据这些特征实现对粉末中药的鉴别,如梁明辉^[5]提出,在气味方面,正品牛黄有清凉感,味先苦而后甜,伪品牛黄无清凉感,味苦而不甜,

可依据二者气味方面的差异进行鉴别;习克俭^[6]根据海金沙及其伪品在水中和火烧时表现出的不同现象,建立了海金沙真伪鉴别的方法。

性状鉴别具有悠久的历史,以及丰富的经验知识储备,依据相应性状特征对粉末中药进行鉴别是目前较为常用、广泛和最直接的使用方法。然而,目前性状鉴别结果判别以人为主体的,存在主观性强、客观性弱,科学内涵无法表达等缺点^[7];且粉末中药颜色大多相近,大部分粉末中药都不能体现出完整的、易于鉴别的性状特征。因此,针对性状特征,依据单纯的人工鉴别,很难达到对粉末中药的质量控制^[8]。控制粉末中药的质量还需要与其他技术与方法相结合。

1.2 显微鉴别

显微鉴别是粉末中药鉴别的主要方法之一,也是对外观性状不易区分的中药材及破碎药材进行辅助鉴别的主要方法,其主要是比较粉末本身或经一定方式处理后在显微镜下呈现的具有鉴别意义的组织构造、细胞形态以及内含物等特征,以鉴别粉末的真伪、纯度^[4]及粉末是否粉碎过度。目前该方法已得到广泛的应用,如康廷国等^[9]采用常规粉末显微鉴别方法区分了 5 种海马药材;陈小秋等^[10]通过对正品冬虫夏草及混淆品的性状及显微鉴别研究,建立了一种简单易行的鉴别方法。

目前,普通光学显微镜是显微鉴别较为普遍使用的仪器,该方法虽价格低廉、被大众所接受,但存在操作繁琐、判别过程经验依赖性强,在实现快速、准确的鉴别上存在不足^[11-12]。为改进显微鉴别的准确性、可操作性以及得到更为客观的鉴别结果,众多学者在显微鉴别方法上做了诸多探索和实践。

随着现代科学技术如光学、计算机等学科的发展,显微鉴别技术与其他技术和方法联合应用于粉末鉴别也逐渐增多。目前,显微鉴别方法主要在显微成像技术以及显微图像处理技术方面研究较多。显微成像技术的提升,主要与相关材料科学、物理学方面的科技进步有密切关系,其主要目的是使显微成像更为清晰,使普通光学显微镜观察不到的或不易观察到的特征能够得以呈现^[13-14]。李辉等^[15]采用扫描电镜与 X-射线衍射 Fourier 指纹图谱法分析了药用珍珠粉及其混淆品,以药用珍珠粉的图谱为标准,计算各组珍珠粉的相似度,最后以图形和数据相结合的形式鉴别了珍珠粉及其混淆品。显微图像处理技术将显微图像经过图像模式处理后,提

取显微结构特征,实现显微特征鉴别自动化、客观化的过程^[11],主要与计算机科学、数学科学等相关领域的发展有密切联系。阿木古楞^[13]用 B0714 型荧光显微镜和 DP70-CU 型数码显微摄影装置记录草红花的显微结构,图像经灰度图像形态滤波技术处理后,实现了对草红花显微特征的数字化处理。

依据中药的显微组织结构或内含物特征对于粉末中药鉴别具有不可替代的作用。现代显微鉴别法结合了新技术,克服了常规显微鉴别法的不足,实现了粉末中药的定性鉴别。计算机技术、材料科学及物理学等方面的发展是显微技术得以提高的关键。

1.3 理化鉴别

理化鉴别即物理化学鉴别法,是依靠物理的、化学的或仪器分析的方法,利用粉末中药所含化学成分的物理性质或化学性质,对有效成分、主成分或特征性成分进行定性定量分析,以鉴别中药的真实性与品质的优劣。

粉末中药以粉末状态存在,其大多者具有粉体学性质^[16]。另外,由于其中相当一部分为矿物药^[3],而矿物药具有较多的宏观物理特性如溶解性、比重、熔点等。因此,可根据诸多可测量的物理特性对粉末中药进行鉴别^[17-20]。张裕民等^[19]依据比重区分了朱砂与代赭石。

粉末中药虽不具有明显的外观性状,但其内在的化学成分与原药材或饮片保持一致,由于常规中药材或饮片在进行理化鉴别时,也多需打粉,所以大多应用于常规中药材或饮片鉴别的方法也适用于粉末中药的鉴别。因此,可根据其所含成分的理化性质并结合其他分析仪器方法,鉴定粉末中药的真伪优劣。陈效忠等^[20]应用电化学指纹图谱的方法,有效区分了大黄、虎杖和何首乌的粉末。最早的理化鉴别多依据粉末中药所含某一类化学成分的特殊性质(如皂苷类成分的起泡性)或能与某些试剂产生特殊的颜色、沉淀等反应来鉴别。如朱砂和红粉可根据二者加入一些化学试剂后,是否产生沉淀来区分^[21]。

随着现代分析仪器与技术的发展,色谱法与光谱法也逐渐应用到中药质量控制中。色谱法是一种物理化学分离分析方法,是实现中药化学成分分离与鉴别的重要方法之一,其主要包括薄层色谱法、高效液相色谱法及气相色谱法等^[22]。其中薄层色谱法最早应用到中药理化鉴别中,在《中国药典》2010年版中得到了广泛应用与普及,多用于粉末中药的

定性鉴别;高效液相色谱法具有指纹特征,是以特征峰的数目、高度及峰位的形式表征所含化学成分,常用于粉末中药的鉴定^[23-24]。气相色谱多与质谱联合应用于粉末中药鉴定,不仅发挥了气相色谱的高分离效能,而且体现了质谱的高鉴别能力,其相应的技术方法已比较成熟^[25-26]。光谱法是测定中药所含化学成分在特定波长处或一定波长范围内对光的吸收度,以对中药进行定性和定量分析的方法,具有指纹特征性。目前,该方法应用到粉末中药鉴别中越来越多^[27-30],其中以红外光谱法应用最多。

随着现代分离分析仪器的发展,中药理化差异的表征从采用一般物理化学和薄层色谱鉴别发展为现在应用广泛的高效液相色谱、气相色谱等方法的定性定量鉴别。这些鉴别方法具有快速、准确、易操作的特点,同时将这些方法与其他方法技术联合应用也将是研究重点。

1.4 分子鉴定法

基于传统鉴别方法的性状鉴别、显微鉴别、理化鉴别等已建立了比较客观的中药鉴定标准,然而中药品种繁多,代用品、混淆品、掺伪品现象仍然普遍^[31]。随着自然科学技术的发展,分子生物学、细胞学、基因工程技术等也逐渐应用到中药鉴定中,DNA 分子标记方法应运而生^[32]。

分子生物学技术不同于传统鉴别方法,它是依据生物资源的多样性,在分子水平上对中药进行检测。因此,以中药内在遗传物质 DNA 分子为切入点,采用分子遗传标记技术来实现中药的鉴定与品质评价^[33-34]。DNA 分子作为遗传信息的直接载体,信息量大,在同种内具有高度的遗传稳定性,不受外界因素和生物体发育阶段及器官组织差异的影响,对样本要求低,因此以 DNA 分子特征作为遗传标记进行中药鉴别更为准确、可靠^[31]。该方法特别适合于缺乏特征性理化成分的动物类药材、多来源品种、破碎药材、珍稀品种等药材的鉴定^[35-38]。粉末类中药,虽失去了原有药材或饮片的完整外观,但其内在遗传物质仍能代表品种的完整信息。故 DNA 分子遗传标记法在粉末类中药的鉴别中具有独特的优势。童宇茹等^[39]通过分析不同产地的三七粉及伪品的 DNA 溶解曲线,建立了三七粉的分子鉴别方法。

2 粉末中药鉴别的思考实践

粉末中药的特性体现在性状、物理、化学等多方面,鉴别方法的发展与应用是建立在相应特征得

到挖掘、技术方法不断完善和应用的基础上。如中药原本就存在其相应的显微特征,在显微镜得到发明和使用之后,才使得原本就存在但利用肉眼很难或无法观察到的显微特征得到体现和理解,并在显微技术的不断发展中,显微鉴别得到更深入的发展和认识^[40];中药本身具有独特的遗传物质(DNA),在分子生物学技术和基因工程技术得到发展,分子标记技术应运而生,遗传物质才得到表征。由此可见,采用合适的技术方法,挖掘和表达相关特性是粉末中药鉴别的关键。

“气、味”即气味与滋味,是中药重要的性状鉴别特征。许舜军等^[7]指出:“在药材的传统质量评价体系中,‘气、味’是十分重要的一个评价指标。药材‘气、味’与所含化学成分直接相关,能直接反映药物内在本质,是药材外在质量表现与内在物质基础的关联点”。从古至今,依据“气、味”实现中药鉴别是最为常用和直接的方法。粉末中药虽散失了表观性状特征,但其独特的“气、味”特征仍存在。然而,目前“气、味”鉴别还主要是以人工评价为主,缺乏客观性,可重复性较差。因此,结合新技术来挖掘“气、味”的客观化特征,并以一定

的形式表达,是粉末中药鉴别的重要切入点。

随着社会科学技术的不断发展,智能感官分析技术得到不断地开发和完善^[41-47]。其中,基于仿生学原理而设计的电子鼻、电子舌系统是其重要的组成部分^[48]。目前将这2种系统和方法应用于“气、味”客观化的研究逐渐增多,在食品、医药行业及农产品等都有广泛的研究和应用。电子鼻又称人工嗅觉分析系统^[49],是测定一种或多种气体物质的气体敏感系统,工作原理主要是气味分子被电子鼻的气敏传感器阵列吸附、产生信号,生成的信号经各种方法加工处理与传输,最后,处理的信号经模式识别系统做出判断。电子舌又称味觉传感器技术或人工味觉识别技术^[41],工作原理类似于电子鼻,是由交互敏感传感器阵列检测液体的特征响应信号,再由合适的模式识别算法对数据进行分析处理,最后得出液体的味觉整体信息。

电子鼻、电子舌系统以模仿人对“气、味”的感知过程而设计^[50],如图1所示。其具有样品前处理简单、快速、灵敏等优点。以“气、味”为切入点,将电子鼻、电子舌技术应用于粉末中药的鉴别,实现对其真伪优劣的鉴别具有良好的前景。

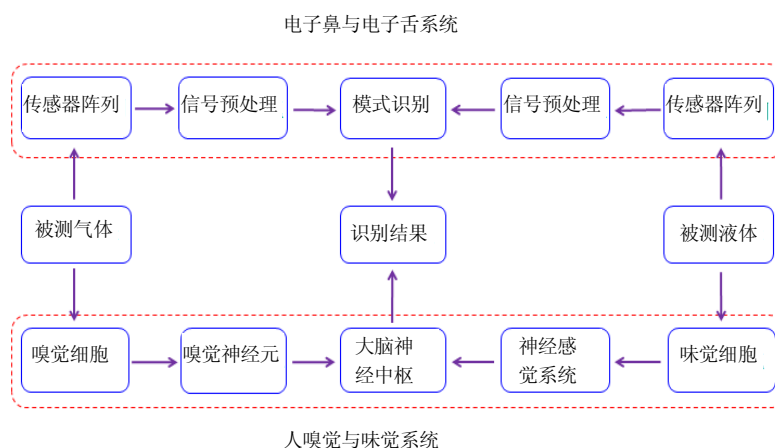


图1 电子鼻、电子舌系统处理过程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of treating process by electronic nose and electronic tongue systems

以常用中药川贝母(松贝)与浙贝母为例,初步验证电子鼻、电子舌技术在粉末中药鉴别方面应用的可行性。川贝母为暗紫贝母 *Fritillaria unibracteata* Hsiao et K. C. Hsia 的鳞茎,又称松贝,与浙贝母 *Fritillaria thunbergii* Miq. 均来源于百合科贝母属。虽都是以鳞茎作为药用部位,性状上存在较大相似性,但仍可以依据其药材性状的差异将其进行鉴别区分^[51]。贝母类中药,在临床应用中多

以粉末形式使用^[52],然而粉末皆呈白色或类白色,表2为采用色彩色差计(CR-410,日本柯尼卡美能达有限公司)测得的二者粉末在颜色上的色差信息, L^* 、 a^* 、 b^* 为颜色参数, L 表示亮度, a 表示从洋红色至绿色的范围, b 表示从黄色至蓝色的范围; ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 分别为在各颜色分量上的差, ΔE^* 为色差, ΔE^* 为1.58,表明在颜色上二者差异并不明显,即依据其表观性状不易将二者粉末进行有效区分。

表 2 川贝母 (松贝)、浙贝母粉末颜色差异信息 (n = 3)

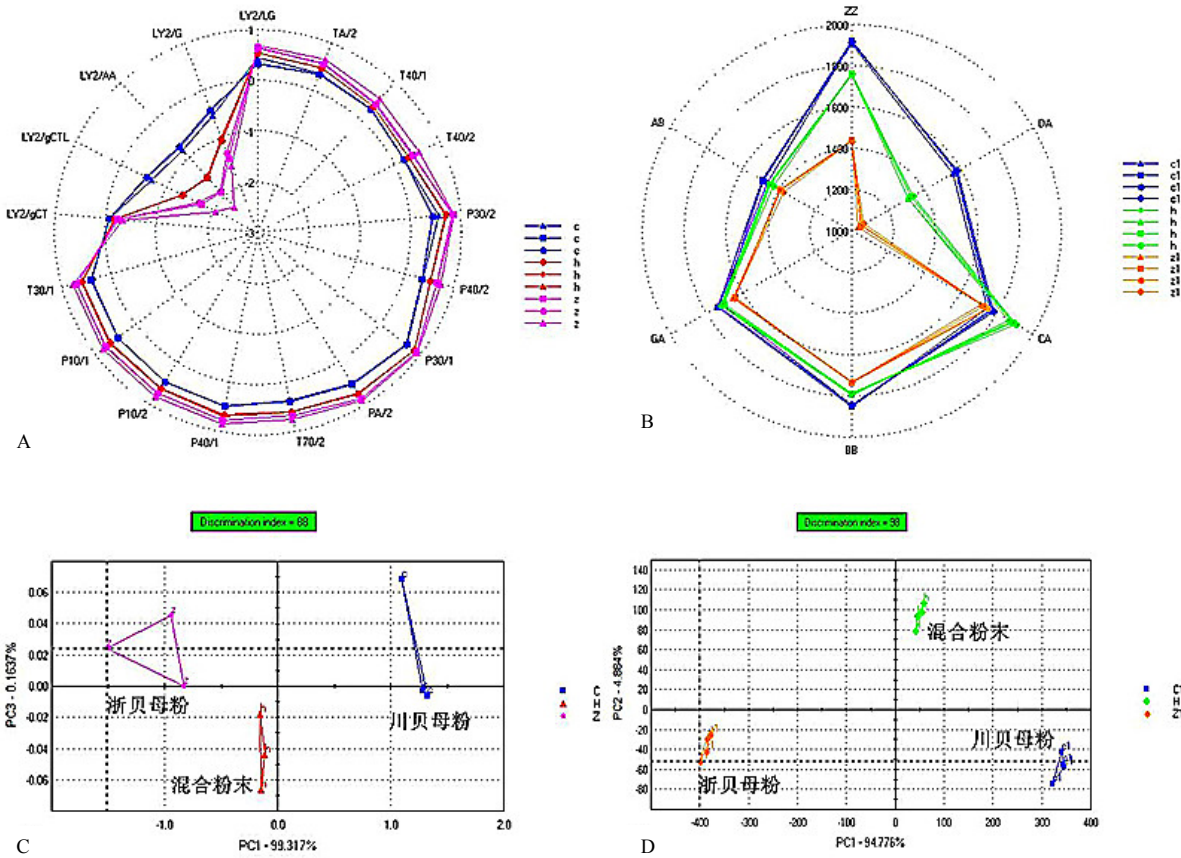
中药	L*	a*	b*	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*
川贝母	61.25±0.13	-0.60±0.01	7.28±0.06	—	—	—	—
浙贝母	62.42±0.08	-1.05±0.02	6.32±0.07	1.17	-0.45	-0.96	1.58

本文以上述川贝母粉末、浙贝母粉末以及二者等比例混合粉末为研究对象，采用电子鼻 (FOX-4000, Alpha M. O. S., France) 与电子舌 (αAstree, Alpha M. O. S., France) 系统对其进行了鉴别研究。电子鼻与电子舌传感器响应雷达图 (图 2-A、B) 分析表明三者存在传感器响应特征上存在明显差异。通过相应的化学计量学的方法——主成分分析 (PCA) 处理后 (图 2-C、D)，川贝母粉、浙贝母粉以及两

者等比例混合粉末得到明显区分。

3 结语与展望

本文在总结目前粉末中药的常用鉴别方法的基础上，通过归纳发现鉴别方法的发展关键在于采用适当的技术和方法对中药特征的挖掘与拓展应用。随着相关技术与方法的发展，新的鉴别方法会逐渐得到建立和应用。因此，本文提出以粉末中药“气、味”性状特征为切入点，采用电子鼻与电子舌技术



A-电子鼻传感器响应值雷达图 B-电子舌传感器响应值雷达图 C-电子鼻传感器响应值主成分分析 2 维得分图 D-电子舌传感器响应值主成分分析 2 维得分图

A-radar chart of electronic nose sensor response value B-radar chart of electronic tongue sensor response value C-2D charm of principal component analysis of electronic nose sensor response value D-2D charm of principal component analysis of electronic tongue sensor response value

图 2 应用电子鼻、电子舌鉴别川贝母粉末、浙贝母粉末

Fig. 2 Identification of *Fritillaria Unibracteata Bulbus* and *Fritillaria Thunbergii Bulbus* powders by electronic nose and electronic tongue systems

挖掘和客观化表达粉末中药的“气、味”特征,并进行鉴别,并以川贝母粉与浙贝母粉为例进行了相关研究。川贝粉与浙贝粉外观性状差异不大,从外观很难区分,通过电子鼻、电子舌技术获取2种粉末的“气、味”指纹信息并加以处理,能很好地区分二者,阐释了本文所提思路与技术的可行性。

目前,粉末中药使用量较大,特别是近几年微粉及超微粉的出现更加扩大了粉末中药的应用^[53-54]。因此,将电子鼻、电子舌这种快速、准确、无损的方法应用于粉末中药的鉴别当中具有良好的应用前景。另外,粉末中药都有其独特的气味和味道特征,其“气、味”反映了中药质量的好坏,产品的真假。基于电子鼻、电子舌技术不断地完善和深入,筛选并建立对照药材的“气、味”指纹图谱数据库及模式识别方法具有重要意义。

电子鼻与电子舌,主要由非特异性、交互敏感的传感器阵列组成,其目的不在于检测某个特定类型的化合物,而是对样品中所有化合物的综合响应^[55]。具有相似成分组成的样品具有相似的传感器响应特征,而成分差异较大的样品传感器响应特征也表现出较大差异^[56]。因此,可以依据不同样品的传感器响应特征将其进行鉴别区分。另一方面,电子鼻与电子舌技术的研究结果为一组与粉末中药内在化学信息相关的宏观响应值,将其与其他化学分析技术,如固相微萃取、GC-MS等分析技术相结合,探索宏观“气、味”特征与微观物质基础的相关性,从宏观与微观层面更为客观、科学地评价中药“气、味”性状特征也将是重要研究方向。

参考文献

- [1] 张廷模. 使用粉末饮片增强药效保护资源 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2012.
- [2] 李海滨, 李春日, 张志星. 中药鉴别方法探析 [J]. 亚太传统医药, 2014, 10(5): 42.
- [3] 张裕民, 廖庆文. 粉末类中药质量问题的成因分析及对策 [J]. 中医药导报, 2006, 12(4): 78-79.
- [4] 国家中医药管理局. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [5] 梁明辉. 牛黄真伪的鉴别 [J]. 内蒙古中医药, 2010, 29(10): 14.
- [6] 习克俭. 海金沙的掺伪鉴别 [J]. 湖北中医杂志, 2012, 34(2): 69.
- [7] 许舜军, 杨柳, 谢培山, 等. 中药气味鉴别的研究现状与展望 [J]. 中药新药与临床药理, 2011, 22(2): 228-230.
- [8] 朱美莲, 王珏. 粉末状中药的质量管理与展望 [J]. 中草药, 2002, 33(8): 附6-附7.
- [9] 康廷国, 朱丽娃, 苑冬敏, 等. 海马类药材粉末的显微比较鉴别 [J]. 中药材, 2006, 29(3): 224-228.
- [10] 陈小秋, 刘宝玲, 赵中振, 等. 冬虫夏草与其混淆品的性状及显微鉴别研究 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(9): 1141-1143.
- [11] 王亚杰, 徐心和. 中药材粉末显微图像模式识别方法 [J]. 农机化研究, 2006, 27(12): 180-183.
- [12] Chen J B, Sun S Q, Ma F, et al. Vibrational microspectroscopic identification of powdered traditional medicines: Chemical micromorphology of Poria observed by infrared and Raman microspectroscopy [J]. *Spectrochim Acta Part A: Mol Biomol Spectr*, 2014, 128(15): 629-637.
- [13] 阿木古楞. 中草药粉末显微特征图像的数字化表达 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [14] 黄勇, 金锐, 姚丽. 花类生药的数码显微鉴别 [J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(5): 1091-1092.
- [15] 李辉, 韩墨, 朱飞叶, 等. 基于扫描电镜法与X-衍射指纹图谱法浙产珍珠粉的鉴别研究 [J]. 中国新药杂志, 2013, 22(23): 2817-2821.
- [16] 朱蕾, 冯怡, 徐德生, 等. 中药提取物与微晶纤维素混合物的物理性质与其片剂成型性的相关性 [J]. 中国医药工业杂志, 2008, 39(5): 349-351.
- [17] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [18] 房方, 陈军, 李祥, 等. 紫石英药材热分析法研究 [J]. 中国医院药学杂志, 2014, 34(5): 346-349.
- [19] 张裕民, 廖庆文, 刘绍贵. 几种矿物类中药粉末的鉴别方法 [J]. 湖南中医药导报, 2003, 9(11): 46-47.
- [20] 陈效忠, 邹桂华, 宗希明, 等. 电化学指纹图谱鉴别中药大黄、虎杖和何首乌 [J]. 黑龙江医药科学, 2010, 33(2): 45.
- [21] 胡志刚. 常见同色粉末状矿物中药的鉴别 [J]. 中国药业, 2007, 16(6): 58.
- [22] 康廷国. 中药鉴定学 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2003.
- [23] 仇燕嵘, 李楠, 李晓菲, 等. HPLC测定三七粉及三七片中人参皂苷Rg₁、三七皂苷R₁的含量 [J]. 中成药, 2006, 28(12): 1851-1852.
- [24] 马红飞, 刘斌, 周军挺. 蒲黄的HPLC指纹图谱研究 [J]. 中草药, 2006, 37(3): 433-435.
- [25] 梁颖, 汪小根. GC-MS法初步分析天然麝香与人工麝香 [J]. 中药新药与临床药理, 2005, 16(3): 204-205.
- [26] Ko A Y, Rahman M M, El-Aty A A, et al. Identification of volatile organic compounds generated from healthy and infected powdered chili using solvent-free solid injection coupled with GC/MS: application to adulteration [J]. *Food Chem*, 2014, 156(1): 326-332.
- [27] 张轩, 胡超, 闫妍, 等. 珍珠粉的近红外光谱定性鉴别方法 [J]. 中成药, 2014, 36(9): 1912-1914.

- [28] 徐海星, 刘小平, 张成伟. 中药材海金沙的红外光谱鉴别 [J]. 武汉理工大学学报, 2006, 28(2): 137-140.
- [29] 赵 静, 庞其昌, 马 骥, 等. 中药黄连黄柏混合粉末的光谱成像分析技术 [J]. 光学学报, 2010, 30(11): 3260-3262.
- [30] 游 宇, 傅超美, 陈秋薇, 等. 建立玄明粉的 X-射线衍射指纹图谱 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(16): 145-146.
- [31] 彭 昕. 分子生物学方法鉴定药用贝母的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [32] 唐晓晶. DNA 分子标记在中药材鉴定中的应用研究 [D]. 北京: 中国中医科学院中药研究所, 2006.
- [33] 夏 至, 张红瑞, 李贺敏, 等. 碎米槎及其近缘种的分子鉴定和亲缘关系研究 [J]. 中草药, 2013, 44(20): 2904-2909.
- [34] 侯敏芳. 分子生物学技术在中药鉴定中的应用 [J]. 浙江中医药大学学报, 2010, 34(3): 429-430.
- [35] 陈抒云, 曹树萍, 袁 航, 等. 基于 DNA 条形码对凉山虫草及近缘物种和其混伪品的分子鉴定 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(6): 1336-1345.
- [36] 张龙霏, 陈绍民, 田景振, 等. 利用 DNA 条形码检验中药制剂中的羚羊角药材 [J]. 中草药, 2014, 45(23): 3467-3471.
- [37] 俞 超, 梁孝祺, 陈金金, 等. DNA 条形码技术鉴定贝母属植物 [J]. 中草药, 2014, 45(11): 1613-1618.
- [38] 刘 冬, 钱齐妮, 张红印, 等. 基于 COI 条形码的鹿类中药材 DNA 条形码分子鉴定 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(2): 274-277.
- [39] 童宇茹, 蒋 超, 黄璐琦, 等. 基于 DNA 溶解曲线分析技术的三七粉分子鉴定 [J]. 药物分析杂志, 2014, 34(8): 1384-1388.
- [40] 杨诗龙, 吴 娜, 袁 星, 等. “气味”鉴别的现状与思考 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2014, 16(9): 1876-1879.
- [41] Haddi Z, Mabrouk S, Bougrini M, *et al.* E-Nose and e-Tongue combination for improved recognition of fruit juice samples [J]. *Food Chem*, 2014, 150(1): 246-253.
- [42] Bruins M, Rahim Z, Bos A, *et al.* Diagnosis of active tuberculosis by e-nose analysis of exhaled air [J]. *Tuberculosis*, 2013, 93(2): 232-238.
- [43] 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): 1781-1783.
- [44] 黎 量, 杨诗龙, 汪云伟, 等. 电子舌分析山楂炮制过程中“味”的变化 [J]. 中成药, 2015, 37(1): 153-156.
- [45] Rachid O, Simons F E, Rawas-Qalaji M, *et al.* An electronic tongue: Evaluation of the masking efficacy of sweetening and/or flavoring agents on the bitter taste of epinephrine [J]. *Am Association Pharm Sci*, 2010, 11(2): 550-557.
- [46] Muñoz R, Sivret E C, Parcsi G, *et al.* Monitoring techniques for odour abatement assessment [J]. *Water Res*, 2010, 44(18): 5129-5149.
- [47] Szczypinski P M, Klepaczko A, Zapotoczny P. Identifying barley varieties by computer vision [J]. *Comp Electron Agric*, 2015, 110: 1-8.
- [48] 刘瑞新, 李慧玲, 李学林, 等. 基于电子舌的穿心莲水煎液的掩味效果评价研究 [J]. 中草药, 2013, 44(16): 2240-2245.
- [49] Stitzel S E, Aernecke M J, Walt D R. Artificial noses [J]. *Annu Rev Biomed*, 2011, 13: 1-25.
- [50] 宁 珂. 电子鼻与电子舌融合技术及其应用 [D]. 长春: 东北电力大学, 2014.
- [51] 杨复森, 武卫红, 王 宁, 等. 基于 AOTF-近红外光谱技术的川贝母药材即时快速鉴别研究 [J]. 中成药, 2013, 35(1): 135-140.
- [52] 叶建根. 川贝与浙贝粉末的显微及理化鉴别 [J]. 浙江中西医结合杂志, 1996, 6(4): 256-257.
- [53] 陈 彬, 赵爱光. 中药汤剂及主要新剂型的研究现状 [J]. 世界中医药, 2014, 9(3): 396-399.
- [54] 李学林, 李文雅. 微粉技术对中药应用的影响探析 [J]. 中国药房, 2010, 21(11): 1053-1054.
- [55] Han F, Huang X, Teye E, *et al.* Nondestructive detection of fish freshness during its preservation by combining electronic nose and electronic tongue techniques in conjunction with chemometric analysis [J]. *Anal Methods*, 2014, 6: 529-536.
- [56] Ampuero S, Bosset J O. The electronic nose applied to dairy products: a review [J]. *Sens Actuators B Chem*, 2003, 94(1): 1-12.