

# 传感器技术在中药研究中的应用

郝逗逗 王耘\*

北京中医药大学中药学院

DOI:10.32629/fcmr.v2i1.911

**[摘要]** 传感器技术在中药研究中有多个方面的应用价值,当前相关研究主要集中在运用传感器技术检测中药质量和中药五味物质基础研究。其中,运用气体传感器进行的药材气味鉴别研究最为广泛,可以有效实现药材基源、储存运输、炮制等各项质量检测。由于金属氧化物传感器灵敏、稳定的特点,已被运用于电子舌、电子鼻的产品研发中。未来,有望结合物联网建立中药质量监控系统、开发标准的中药传感器规格,在家庭用药指导服务和辅助评价药效上发挥作用。

**[关键词]** 传感器技术; 中药; 质量检测

**中图分类号:** TP212.3; R28 **文献标识码:** A

## Application of Sensor Technology in Chinese Medicine Research

Doudou Hao Yun Wang\*

School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine

**[Abstract]** The sensor technology has various applications in the research of Chinese medicine. At present, the main studies focus on using sensors to detect qualities of Chinese medicines and material basis of the five flavours in Chinese medicine theory. The most widespread availability is using gas sensor to identify the medicinal materials, which can evaluate the quality on breed, storage conditions, processing technology. The metal-oxide sensor has been used in electronic tongue and electronic nose, because of its sensitive and stable. In the future, it is possible to combine IOT to quality monitoring system of Chinese medicine, exploit standard specifications of sensors in Chinese medicine, guide people how to take medicine correctly in home and assist researchers evaluate pesticide effect.

**[Key words]** sensor technology; Chinese medicine; quality inspection

### 1 传感器技术与中药研究

传感器技术是运用敏感元器件将信息转化为可用信号的装置,现广泛运用于各个领域以提供可靠的量化信息,促进产业智能化。在中医药领域中,较多依赖人的主观感受获取信息,例如性状鉴别、患者主诉等。为促进中医药现代化、医药行业标准化,传感器技术逐渐被引入,期待借此技术达到标准化快速检测的目的。

在科研过程中,尤其是医学实验、药理实验等,可运用生物传感器准确获取溶液、组织中的金属离子、蛋白质、DNA、RNA。也有研究运用传感器鉴别中药饮片的品种或质量,例如气味难以通过主观感受描述,但可通过气味传感器得到准

确的数据,为研究的结果提供可靠的数据支撑。

在中药制造工业生产中,由于设计工艺复杂、设备繁多,高温、高压、易燃、易爆等特性,药品厂商一般采取传感器设备对其中的提取、浓缩、醇化、干燥、灭菌等过程进行监测,动态调整工艺参数,以保障人员安全和药品质量<sup>[1-2]</sup>。

在公众生活中,传感器也常应用于健康产业,例如智能手环,可以实时检测身体数据。而在中医养生的热潮中,运用传感器技术,研发能够指导用药的智能化家庭健康服务系统也符合市场需求。

### 2 中药常用传感器分类

#### 2.1 化学传感器及其阵列

在中药领域,化学传感器使用最为广泛,研究也最为深入,主要有以下几类常见传感器。

##### 2.1.1 金属氧化物传感器(MOS)

气体传感器是在医药领域运用最广泛的一种传感器,其中金属氧化物型半导体传感器及其阵列是最为常见的一种。其原理为使用特定氧化物作为电阻,在吸附某种气体时会使电阻发生变化,产生不同信号。这类传感器灵敏、稳定,可用于建立长期的模型<sup>[3]</sup>。

##### 2.1.2 有机导电高分子传感器

有机导电高分子传感器中的化学基础吡咯、咪唑、噻吩等碱性有机物的聚合物,在吸附气体后会引电阻增加,从

而产生信号。此类传感器耗时长,且对湿度敏感,不适合制作成快速检测仪来推广使用。

2.1.3 光纤气体传感器(石英晶体微平衡传感器)

光纤气体传感器分为两种,传感型和传光型。其中适宜运用在医药领域的为传感型。此类传感器需要将光纤经过处理,在光纤两端加一层对气体敏感的材料。在材料与气体接触时,材料会伸长或收缩,导致光程变化。此种传感器只能用于检测特定气体,无法普及至所有气体,难以用于整个中药行业的检测。

### 2.2 生物传感器

生物传感器常用于检测重金属、有机污染物、农药、抗生素等小分子物质,蛋白质、抗体、酶等大分子物质,以及微生物。此类传感器最先应用于农业、食品业,后发展至药品行业。在临床工作中可以检测患者样本溶液中的各类物质以确定疾病转归情况,例如,雷用敏<sup>[4]</sup>曾研究运用生物传感器集成微过滤系统装置以实现血液样本中心衰标志物的检测,其中使用的是石墨烯FET生物传感器,此类传感器响应速度快、可电学检测、成本低、特异性好,是最为理想的生物传感器。此外,生物传感器还可以用于检测药物溶液中的化学物质,尤其是农药、微生物的检验。生物传感器的优点在于结构简单、成本较低、检测速度快,可以进行大通量样品检测,但是部分生物传感器重复利用率低,而且容易受外界环境影响,无法长期存放。

### 2.3 物理传感器

在家中煎药后即服是中药汤剂的传统用法,也是药剂学中认为药效发挥最快的方法。但煎药耗时耗力,因此在健康产业中,出现使用物理传感器的全自动煎药壶以解决这一难题。使用重力传感器来检测水蒸发量的多少,控制水分蒸发,避免糊锅。使用温度传感器来控制水温,根据药材的要求进行调节,同时也可设置阈值,保障安全。在龚英姬<sup>[5]</sup>的研究中使用的是

DS18B20温度传感器,具有体积小,硬件开销低,抗干扰能力强,精度高的特点,适用于多种情况。

## 3 传感器技术在中药研究中的应用现状

传感器技术虽然已经比较成熟,但引入医药市场较晚,在中药领域仍主要处于研究状态,未能投入生产使用。按照当前传感器的技术水平和中药的性状鉴别要求,在颜色、光泽度、质地、气味等各个方面都可以运用传感器技术进行检测,但在实际中药研究中,仍然以气味鉴别为主,其他的鉴别极为少见。基于这种现状,气味传感器阵列和味觉传感器阵列应用最为广泛,主要作为电子鼻、电子舌的核心部件使用。除此以外有少数物理传感器、生物传感器应用于中药相关领域。

### 3.1 药品质量检测

#### 3.1.1 药品品种检测

对于某些药物,其混淆品和伪品切片与正品饮片外形相似,难以分辨,非技术人员难以快速鉴定,可以运用传感器技术,通过药品的气味进行区别,解决了传统性状观察主观性强的问题,使鉴别数据化、客观化<sup>[6]</sup>。例如,田程等人<sup>[7]</sup>通过电子鼻技术(气体传感器),实现了人参与西洋参饮片气味特征的标准化,并建立了适用的识别模式,为人参、西洋参饮片的区分寻找到一种准确而快速的新方法,为中药气味特征的标准化研究及中药快速鉴别方法的寻找提供了新的思路。由此可见,不同品种的药材,虽然可能外观形似、显微结构相似,但由于其功效的不同,药性也具有一定差异,传感器技术正是基于其药性的差异,进行区分鉴别。近年有大量学者将电子鼻引入中药研究领域,在优化电子鼻传感器阵列、建立中药气味指纹图谱、基于机器学习算法建立模型等环节进行深入研究,有望为中药鉴别提供一种快速、可靠的分析方法<sup>[8-11]</sup>。

但电子鼻的鉴别具有一定局限性。王蔚昕<sup>[12]</sup>研究发现采用电子鼻方法可以准确区分大部分含挥发性成分的不同品种、不同产地、掺伪药材粉末和正品

药材,但是对于个别含挥发性成分的中药样品难以鉴别,原因在于金属氧化物传感器具有部分选择性,只对有限类别的嗅敏物质产生响应。

#### 3.1.2 药材储存及采收时间检测

部分中药易变质,储存条件不合格、时间过长会产生霉变、泛油、有效成分下降等情况,而中药的品种基源参差不齐,药效成分差异大,无法用储存时限这一硬性指标规定保质期。传感器技术可以用于检查药材的合格程度,判断中药适宜的储存时限和储存条件,减少不合格药品流通的情况<sup>[13]</sup>。例如含挥发油的药材放置时间过长会导致挥发油散失,失去药用价值。可以使用气味传感器检测其剩余挥发油含量,计算其剩余药效价值,完全失去药效的时间,判断药品适合的储存时间<sup>[14]</sup>。拱健婷<sup>[15]</sup>使用储藏中易变质的苦杏仁、当归、五味子为研究载体,从多个环境因素进行加速实验探究,使用感官技术获取数据,建立气味、颜色数字化系统,从而提供了一种从颜色、气味值快速预测中药某个化学成分含量或指标值的途径,可以用于中药质量的实时监测及快速评价。

#### 3.1.3 药材炮制情况检测

中药的炮制目的为减毒增效、调整性味。在中药基础理论中认为,中药的五味分别对应不同的功效和作用部位,炮制前后气味的改变代表其功效的变化。通过味觉传感器可以有效检测炮制品的五味变化,从而反映中药当前的炮制情况<sup>[16-18]</sup>。付智慧<sup>[19-20]</sup>针对豨莶草酒蜜前后的味道,运用味觉传感器判断,经过配对检验后确认,豨莶草炮制后苦、咸味下降,酸、涩、甜无明显变化。黄勤挽等<sup>[21]</sup>基于味觉指纹技术对中药附子10种炮制品进行了快速鉴别研究,对于这类通过炮制减毒增效的药物,这样的鉴别方法可以确保药品的安全性。

#### 3.2 中药五味物质基础研究

除了针对药物气味进行识别外,还有部分研究运用传感器进行中药的有效成分研究,开拓了中药有效成分研究的新思路。李志远<sup>[22]</sup>对不同来源的几种沉

香进行了气味判断,同时运用了GC-MS技术,对沉香的气味进行分析,与电子鼻数据进行了相关性分析,确定了其中沉香的气味物质基础主要为倍半萜。梁晓光<sup>[23]</sup>则通过味觉传感器对中药黄连中的苦味物质进行苦度评价和抑菌活性研究,认为其苦度与抑菌活性呈显著正相关,并进一步证实苦味化合物为苦味药的主要药效物质基础。

### 3.3 中药药效及机理研究

张鹤林等<sup>[24-25]</sup>在研究抗菌中药与细胞因子和受体之间相互作用,以及抗菌中药有效成分对病菌的影响时使用ST型SPR生物传感器获取病菌的相关数据,具有很高的准确度,为传感器在中药研究中的应用提供了新思路。

## 4 传感器技术在中药研究中的展望和发展方向

### 4.1 结合物联网建立中药质量监控系统

在中药的质量研究中,气味是其中重要的鉴别特征。例如,砂仁与其他几种姜科伪品在外形上难以分别,但口尝可轻易区别真伪<sup>[26]</sup>。在实际工作中,这种完全依靠主观感觉的鉴别方法缺乏可靠性、无法留下客观证据。通过传感器这种快速、真实、灵敏的技术,能够有效地对气味进行理化分析,形成一种更加便捷的中药鉴别方法,为构建中药智能化鉴别系统奠定基础<sup>[27-28]</sup>。未来,整合常见中药的性状合成智能数据库,即可构建新型中药质量监控系统,工厂可通过传感器获取药品实时信息,进行数据挖掘判断其优劣,从而实现中药行业智能化。

如果能够建立完善的系统,就可以直接将传感器技术应用于整个药材市场的监管控制中,运用信息技术,实现快速检测。其中包括药材基源、储藏、采收等整个环节。完善信息系统,建立实时监控平台,使用传感器获取数据,结合制药企业或监管部门的ERP系统,未来有望实现中药市场的全方位监控管理,消除中药的质量安全问题。

### 4.2 开发标准的中药传感器规格

当前,有部分科研课题研究传感器

技术在中药质量控制中的应用,已证实通过传感器技术可以对多种药材进行成分、质量、品种检测。但是当前的研究主要针对单味药材或单种气味,选取其易检测的重要特征,如不同品种挥发油含量不同,来针对性的进行传感器研究。各个研究之间没有统一的标准,对数据形式和仪器没有标准化要求,难以整合所有研究结果,在整个中药材市场普及传感器的应用。

### 4.3 家庭用药指导服务

在日常生活中,中药用药指导缺乏,在中药保健盛行的风气下,许多民众乐于自行购买中药进行“调理”。尤其是中药饮片,在药房抓取后无保质期和药品说明书的指导,容易导致患者错误用药。而在我国,临床中药师的职能体系仍不成熟,即使是在医院就医获取药方的患者,也面临许多用药上的不安全因素。例如,中药质量参差不齐,不同地区中药品种、炮制规格的名称有混淆,与所服用的保健品药性相反等因素,很可能导致用药错误、疗效不佳。传感器系统可以通过视觉、嗅觉、味觉传感器的综合阵列来实现中药的质量鉴别,判断过期中药,提示每种药物的最佳储存条件,警告毒性药物和特殊人群警戒中药。在产品开发时可结合家庭用药的特点,整合家庭成员身体状况、就医诊断结果等信息,判断该药物是否适合该家庭成员使用。例如,家中孕妇在使用中药时提前运用传感器扫描,就可得知该药是否为孕妇禁用药,避免出现畸胎、流产、孕妇高血压等妊娠意外。

除了在药物上使用传感器进行检测外,还可以直接检测患者的身体数据,判断疾病转归情况,从而判断药物疗效。基于中医辨证方法,运用生物传感器,在家中即可检测身体的各项指标数据,其中可以包括面诊、舌诊、脉诊等。将数据综合上传至数据库,进行模式识别,结合本人此前病情,生成报告。此系统还可以和本人的主治医生进行绑定,实时传送本人的数据,有助于医生掌握患者的用药情况,如有慢性毒性风险也可提前感知,调整药方。实现此系统的重难点即为

传感器的研发。

### 4.4 辅助评价用药疗效

临床中有使用气体传感器,通过患者呼出的气体,对其身体指标进行快速检测,成为一种新型的临床辅助诊断方法,例如癌症和糖尿病的快速检测。中药研究可以运用此思路,在进行中药药理作用研究和临床患者疗效监测过程中,使用传感器代替中医中较多见的模糊语言,获取准确的量化数据作为直观证据。例如使用生物传感器检测体液样本的疾病标志物、检测患者呼吸耗氧量等数据判断其寒热症状变化等。

### [基金项目]

国家自然科学基金支持项目(批准号:81673697)。

### [参考文献]

- [1]欧祖勇,高锡斌.传感器技术在中药智能制造中的应用[J].自动化应用,2018,(11):126-127.
- [2]臧振中,管咏梅,杨明,等.传感器技术在中药智能制造中的应用研究[J].中国医药工业杂志,2017,48(10):1534-1538.
- [3]费程浩,戴辉,苏杭,等.电子鼻技术的研究进展及其在中药行业中的应用[J].世界中医药,2019,(02):257-262.
- [4]雷用敏.新型场效应晶体管生物传感器用于心衰相关标志物和中药调控心肌细胞钙离子释放的监测[D].湖北中医药大学,2017.
- [5]龚英姬,张梓豪.中药熬制自动换火系统设计[J].科技资讯,2018,16(30):95-96.
- [6]张冬月,吴浩善,李思雨,等.电子鼻技术鉴别通关藤真伪及其道地性[J].中成药,2018,40(10):2228-2233.
- [7]田程,刘春生,吴浩忠,等.中药人参与西洋参饮片的电子鼻检测方法及其识别模式[J].中国中药杂志,2012,37(08):1165-1168.
- [8]徐东,陶欧,林兆洲,等.基于机器学习方法中草药电子鼻智能鉴别分类器的优化[J].中华中医药学刊,2017,35(09):2323-2325.
- [9]任智宇.电子鼻在菊花质量评价

中的应用[D].北京中医药大学,2016.

[10]邹慧琴,李硕,闫永红,等.基于RBF-RF级联分类器电子鼻对中药的快速鉴别[J].世界科学技术-中医药现代化,2013,15(09):1876-1881.

[11]邹慧琴,刘勇,陶欧,等.电子鼻MOS传感器阵列优化及其在中药材快速鉴别中的应用[J].中国中药杂志,2013,38(02):161-166.

[12]王蔚昕.中药的电子鼻鉴别方法研究[D].北京中医药大学,2009.

[13]熊吟,赵婷,闫永红,等.基于电子感官技术的中药贮存有效期评价方法探讨[J].现代中药研究与实践,2013,27(01):69-70+68.

[14]邹慧琴,李硕,邢姝,等.电子鼻技术结合MLP网络对不同贮藏时间西洋参的鉴别研究[J].中华中医药学刊,2013,31(07):1683-1685+1744.

[15]拱健婷.易变质中药加速试验方法研究与质量预测模型的建立[D].北京中医药大学,2017.

[16]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(03):486-492.

[17]付智慧,李淑军,刘鹏,等.电子舌在中药研究中的应用现状及前景展望[J].中成药,2016,38(11):2454-2457.

[18]李学林,桂新景,刘瑞新,等.基于电子舌法对中药苦味化合物苦度的预测[J].中国新药杂志,2016,25(11):1307-1314.

[19]付智慧.酒蜜制鳖盖草前后滋味及化学成分的变化研究[D].北京中医药大学,2016.

[20]付智慧,李淑军,胡慧华,等.基于电子舌技术的鳖盖草炮制前后滋味比较[J].中草药,2017,48(04):673-680.

[21]黄勤挽,范润勇,陈晓玉,等.基于味觉指纹技术的中药附子10种炮制品快速辨别研究[J].时珍国医国药,2017,28(02):369-373.

[22]李志远.基于电子鼻技术的沉香气味识别及其物质基础研究[D].北京中医药大学,2015.

[23]梁晓光,吴飞,王优杰,等.基于现代电子舌技术的传统苦味中药黄连的苦味物质基础研究[J].中国中药杂

志,2014,39(17):3326-3329.

[24]张鹤林,张国龙,张康,等.基于SPR生物传感器的抗菌中药药效评价方法研究[J].电子器件,2015,38(01):67-69.

[25]张鹤林,张康,张国龙,等.光纤SPR传感器在抗感染中药作用机理的应用[J].传感器与微系统,2014,33(10):155-156+160.

[26]邹慧琴,拱健婷,赵丽莹,等.中药砂仁“品与质”电子鼻判别模型的建立[J].国际药学研究杂志,2015,42(04):513-518.

[27]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].北京中医药大学,2013.

[28]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(02):282-284.

#### 通讯作者:

王耘(1973--),男,山东郓城人,汉族,博士生导师,教授,研究方向:中药信息融合与精准分析。