

色谱 - 质谱联用技术分析中药活性成分组成

吴银凤

青岛职业技术学院 山东省青岛市 266000

摘要: 在探索中药活性成分的浩瀚领域中, 色谱 - 质谱联用技术犹如一颗璀璨的明珠, 照亮了科研探索的征途。凭借其卓越的分选效能与精确的鉴定能力, 该技术能够深入剖析中药复杂体系中的活性成分, 为中药质量控制与药效学研究奠定坚实基础。无论是定性定量分析, 还是复杂成分的鉴别; 无论是构建质量标准体系, 还是挖掘药效物质基础, 该技术均在全方位地促进中药现代化的进程。尽管面临成本高昂和技术复杂等挑战, 但其融合创新理念与智能化发展趋势, 预示着在保障中药品质、引领产业发展方面, 将发挥不可或缺的关键作用, 为中药走向世界舞台、扬帆远航提供强大动力。

关键词: 色谱 - 质谱联用技术; 中药活性成分; 分析; 质量控制; 药效物质基础

引言

中草药, 凝聚着千百年来智慧的结晶与实践的验证, 堪称华夏医药文明的璀璨瑰宝。对其活性成分的精细解析, 犹如揭开中药疗效奥秘、推进现代化进程的关键钥匙。色谱与质谱技术的精妙结合, 凭借其卓越的分选与鉴别能力, 宛如一把精密的科研利刃, 游刃有余地应对中药复杂成分的分析难题, 为中药质量控制、药效深度挖掘等核心领域构建起坚实的技术防线, 引领中医药学科迈向科学化、标准化、国际化的崭新境界。此技术在中医药领域的应用与探索, 意蕴深远, 展现出广阔的发展前景。

1 色谱 - 质谱联用技术概述

1.1 基本原理。色谱质谱联用技术, 无论是气相色谱 - 质谱联用 (GC-MS) 抑或液相色谱 - 质谱联用 (LC-MS), 均精妙地结合了色谱的卓绝分选性能与质谱的极高灵敏度鉴定特长, 形成了一种高端的分析方法。在中药成分解析的领域中, 色谱技术宛若一位精细的编排大师, 依据沸点差异、极性特征等物理化学属性, 将中药提取物中错综复杂的成分逐一梳理归类, 犹如为竞技舞台上的每位参赛者精心铺设了专属赛道。随后, 质谱技术接过这一接力棒, 对业已分离的成分施展离子化的神奇转换, 使之成为携带独特质量 - 电荷比 (m/z) 的离子碎片。这些碎片犹如独特的指纹印记, 通过与标准谱库的精比较对或对其结构特征的深度剖析, 能够精确揭示中药活性成分的真实面貌, 为后续的药效研究与质量控制工作奠定坚实的基础。

1.2 仪器组成。此项技术的核心装置主要包含色谱设备

与质谱装置两大组成部分。色谱设备通常涵盖气相色谱 (GC) 或液相色谱 (LC) 系统, 其核心组件包括精密的样品进样装置、高效的色谱分离柱以及灵敏的检测器。样品进样装置确保样本准确导入系统, 色谱分离柱依据多种原理实现成分的有效分选, 检测器则对分选过程进行实时监测。质谱装置则由离子源、质量分析器及信号接收器构成。离子源负责将分选后的成分转化为离子, 质量分析器精确测定离子的质荷比 (m/z), 信号接收器捕捉离子信号并转化为数据, 以供后续深入解析。两者协同工作时, 通过接口装置, 色谱系统的流出物能够顺利导入质谱装置, 确保分析流程的顺畅衔接, 进而实现对中药复杂成分的高效解析。

1.3 技术优势。色谱质谱联用技术在中医药成分分析领域展现出卓越效能。其首要优势在于卓越的分选能力, 能有效解决中药组分复杂、基质干扰多的难题, 清晰分选出各类活性物质, 为后续鉴别工作奠定坚实基础。此外, 该技术鉴定精确度极高, 质谱单元能提供详尽的结构信息, 即使面对结构相似的中药组分, 也能通过特征离子片段实现精准鉴别, 确保分析结果的可靠性。同时, 该技术灵敏度出众, 能检测到极低浓度的活性组分, 有助于发掘中药中微量而关键的药效成分, 为深入探究中药药效提供有力支持, 是中医药现代化研究中不可或缺的重要技术工具。

2 色谱 - 质谱联用技术在中药活性成分分析中的应用

2.1 中药成分定性定量分析。色谱质谱联用技术在中药组分定性分析与定量分析领域中发挥着核心作用。通过与标准质谱图的精比较对, 该技术能够迅速且精确地鉴别中药提取物

中的多种成分, 实现定性分析目标。同时, 借助内标法或外标法等量化策略, 结合色谱图中的峰面积或峰高信息, 各类成分的具体含量得以精确测定。此特性对于阐释中药药效的物质基础具有重要意义。例如, 在研究某一中药复方组成时, 该技术能够精准区分黄酮类、生物碱类等活性组分的种类及其含量, 为后续药效研究及品质控制提供确凿依据, 有力确保中药治疗效果的稳定性和可靠性。

2.2 复杂成分分离鉴定。中药材内含成分复杂多变, 涵盖了苷类、萜烯类及酚羟基类等多种化学结构类型。色谱-质谱联用技术, 凭借其出色的分离能力, 能够逐一解析这些复杂的组分, 并通过质谱技术精确鉴定其化学结构。在探究部分中药全草或根茎类药材时, 该技术能够精确分离并鉴别其中的多种活性成分, 为深入阐释中药药效的物质基础奠定了坚实基础。

2.3 多成分同时测定。在中药研究领域, 常需对多种活性成分进行同步检测, 以全面评估其品质与药效。色谱-质谱联用技术能够高效实现这一目标, 显著提升分析效率。通过构建科学合理的色谱-质谱联用方法, 仅需一次进样, 即可对中药提取液中的多种成分, 如黄酮类、生物碱类及酚酸类组分进行同步测定。此举不仅缩短了分析时间, 还提高了分析结果的精确度和可靠性, 为中药质量控制与药效评价提供了强有力的技术保障, 对推动中药标准化发展具有重要意义。

3 色谱-质谱联用技术在中药质量控制中的作用

3.1 中药质量标准建立。色谱质谱联用技术为确立中药品质评价标准奠定了坚实的科学基石。该技术深度解析中药活性成分, 明晰其种类与含量范围, 为精准制定品质规范提供了强有力的依据。例如, 在制定某中药饮片品质标准时, 凭借此技术精确测定其主要活性成分含量, 并融合药效学研究资料, 科学划定含量合理阈值, 确保中药饮片品质稳定且疗效确切。同时, 该技术还能有效检测中药中的杂质及有害元素, 为品质标准的完善及中药安全性、有效性的保障贡献力量。

3.2 中药质量稳定性评价。在中药的生产、贮藏及运输流程中, 其品质可能经历诸多变迁。色谱技术与质谱技术的融合应用, 为中药质量稳定性的科学评估开辟了崭新路径, 通过定期剖析中药活性成分的含量及其结构变迁, 实现对稳定性状态的精确评估。以某款中药注射剂为例, 在探究其稳

定性特征时, 我们运用该技术, 对不同贮藏环境下其主要活性成分的含量波动进行了细致入微的观察。结果表明, 在高温高湿条件下, 部分关键成分的含量急剧下降。这一发现为优化储存条件提供了坚实的科学依据, 从而保障了中药注射剂的质量稳定性和临床用药的安全性。

4 色谱-质谱联用技术在中药药效物质基础研究中的应用

4.1 活性成分筛选。色谱-质谱联用技术在中药活性成分的甄别中发挥着核心作用。该技术能够深入剖析中药提取物及其各部位组分, 与药效学研究结果相得益彰, 高效确定具有潜在治疗价值的活性成分。例如, 在探究某中药抗炎效能的过程中, 我们运用此技术对各极性段落的成分进行精密解析, 并结合抗炎活性测试, 最终鉴别出黄酮类成分表现出显著的抗炎活性, 为深入阐释其药效机制奠定了重要基础, 加速了新型中药药效成分的发掘步伐。

4.2 作用机制研究。在深入探究中药药效机制的征途中, 色谱与质谱联用技术已成为剖析药物代谢途径中成分变化的重要工具, 进而揭示其效用本质。例如, 在研究中药对心血管健康的保护作用时, 运用该技术可洞察其在生物体内的代谢转化产物, 惊异地发现部分活性成分经体内代谢过程优化后, 竟衍生出生物活性更为突出的新型代谢产物。这些代谢衍生物或许能够精准作用于特定的生物靶点, 发挥维护心血管健康的卓越效能, 为揭示中药药效机制的深层奥秘奠定了坚实的证据基础。

5 色谱-质谱联用技术在中药研究中的挑战

5.1 仪器设备成本高。色谱质谱联用系统设备价格昂贵, 包含色谱分析器、质谱探测器及相适配的接口组件等关键部件。这一高昂的成本使得众多中医药研究机构与企业难以承受购置之重, 进而阻碍了该技术在中医药领域的广泛推广。此外, 仪器的维护保养费用亦不容小觑, 需由专业技术人员执行定期的检修与校准工作, 这无疑进一步提升了使用成本, 对中医药研究的资源配置构成了严峻考验。

5.2 操作技术要求高。此技术的成功运用, 仰赖资深技术人员的鼎力襄助, 他们需精通色谱与质谱的理论精粹, 并具备丰富的实践经验。自样品预处理始, 经色谱参数的精细调谐, 至质谱信息的深度解析, 每一步均需操作精确无误, 判断敏锐且决断。例如, 在样品预处理阶段, 技术人员需依据中药材成分的独特性质, 精心择取适宜的提取与净化方法, 确保样品具有高度代表性, 以保障分析结论的准确无误;

在优化色谱条件时,则需依据成分的极性差异、沸点等物理化学特性,灵活调整色谱柱类型、载气流速等核心参数,以期实现最佳分离效果;至于质谱数据的阐释环节,更需技术人员精准捕捉特征离子碎片,巧妙推测成分结构,这无疑对技术人员的专业素养提出了更高标准。

6 色谱-质谱联用技术在中药研究中的发展趋势

6.1 技术融合创新。科技进步迅猛推进,色谱-质谱联用技术正持续与其他前沿科技融合创新。例如,与高分辨率质谱(HRMS)联用,可显著提升质量测定的精确性与分辨力,使中药复杂成分的鉴定更为精准无误;与离子淌度质谱(IM-MS)结合,则增强了离子构象与尺寸的解析能力,为中药成分结构的阐释提供了有力补充。此外,微流控技术的融入,实现了分析检测的微型化、高通量化飞跃,不仅提升了分析效率,还降低了样品与试剂的消耗,为中药研究领域构筑了更为高效的技术平台。

6.2 与其他技术联用。色谱质谱联用技术将协同核磁共振(NMR)及红外光谱(IR)等多种高端分析技术,实现技术层面的互补互促。例如,NMR能深刻揭示分子结构的内在机理,与色谱质谱技术结合,可进一步增进对中药成分结构的深入理解;IR则精于解析中药成分的官能团特征,与色谱质谱联用,将加快中药成分筛查与鉴别的步伐。此外,若该技术能与生物传感器技术融合,即可实现对中药生物活性成分的即时监测与精细解析,为深入探究中药药效提供更为直观且有力的科学依据。

7 色谱-质谱联用技术在中药研究中的意义

7.1 推动中药现代化研究。色谱质谱联用技术为中药现代化探索之旅提供了强大驱动力。该技术通过对中药活性成分的精细解析,为中药质量控制、药效深入挖掘等核心环节奠定了坚实基础,推动中药由传统经验模式向科学严谨、标准统一、国际化的新阶段迈进。基于该技术构建的中药品质评价体系,确保了中药产品质量的稳定可靠,促进了中药产业向规范化发展的快速转型;而在探寻药效物质基础的过程中,该技术如同明眸善睐,助力发现新型活性成分及其作用机制,为中药新药研发开辟了科学路径,进一步加速了中药现代化的进程。

7.2 保障中药质量。在中医药品质管理的范畴内,色谱与质谱联用技术占据着举足轻重的地位。该技术能够精确测定中药材内活性成分的含量及其结构特性,为中药产品的品

质稳定性与确切疗效提供坚实保障。同时,它亦能有效识别药材中的杂质及有害元素,进一步细化质量规范,为中药的安全性与有效性构筑起牢固的屏障。诸如中药饮片制备、提取物萃取及制剂生产等关键环节,运用该技术实施质量监控,可迅速发现质量问题并及时采取相应措施,确保中药产品全面符合标准,为临床用药安全提供强有力的理论支撑。

8 结语

色谱质谱联用技术在中药活性成分解析领域展现出卓越的应用价值与深远影响。无论是精准的定性定量分析,还是复杂组分的鉴别与分离;无论是加强中药质量管控,还是深化药效物质基础研究,该技术均全面加速了中药现代化的进程。尽管面临成本及技术门槛等挑战,但随着技术创新融合、与其他高新技术的协同运用,以及智能化数据处理体系的构建,其未来发展前景必将广阔无垠。作为高职院校教育工作者,我们应紧密关注该技术在中药领域的应用进展,巧妙融入教学与科研实践,培养更多掌握现代分析技术的中药专业人才,为中药产业高质量发展贡献智慧力量,助力中药这一传统瑰宝在新时代绽放更加璀璨的光芒,迈向更为宽广的国际舞台。

参考文献:

- [1] 朱作艺,吕靖芳,孙秋敏,等.高效液相色谱法测定油茶籽及油茶籽油中山茶苷的含量[J].农产品质量与安全,2025,(03):35-38+49.
- [2] 谢一凡,姚莉韵,杨若林,等.基于线上线下混合式教学模式在高效液相色谱实验教学中的探索与实践[J/OL].大学化学,1-8[2025-06-06].
- [3] 王海燕,薄博,李蒙,等.基于机器学习的变压器油色谱分析监测系统研究[J].粘接,2025,52(06):180-183.
- [4] 肖紫芬,张丽蓉,毛林芳,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定化妆品中莫匹罗星等23种皮肤药[J/OL].分析科学学报,1-6[2025-06-06].
- [5] 董永广.高效液相色谱法测定米拉贝隆原料药含量[J].煤炭与化工,2025,48(05):156-160.

作者简介: 吴银凤(1977-09),女,山东省,硕士研究生,,讲师,青岛职业技术学院任职,毕业单位:山东农业大学,获农学硕士学位。研究方向:《实用中药技术》教学、中药资源与中药活性成分研究。