液相色谱技术在食品检测中的应用

杨雪梅

宁夏四季鲜农产品质量检验检测有限公司　宁夏　银川　750101

摘　要：食品基质成分复杂，检测过程易受各类杂质干扰，精准识别各类组分是食品品质管控与安全筛查的关键环节。各类液相色谱技术凭借独特的分离机制适配多样化食品检测场景，本文结合不同液相色谱的技术特质与运行架构，划分主流技术类型并区分对应适用场景，聚焦食品外源污染物、添加组分、内源功能组分及劣变次生组分四大检测领域，梳理技术实际应用形式。从样品前处理工艺、分离体系条件、技术联用模式及自动化升级角度，优化液相色谱在食品检测中的应用体系，提升复杂食品样本的组分分离精度与检测适配能力。

关键词：液相色谱技术；食品检测；组分分离；技术联用；工艺优化

引言：食品体系包含天然营养组分、加工添加成分及各类微量杂质，储存、加工及运输过程还会产生次生变质物质，复杂的成分构成对检测工作提出较高要求。常规检测方式难以精准区分理化性质相近的微量组分，无法适配精细化食品检测需求。液相色谱具备优异的组分拆分能力与场景适配性，可有效应对复杂食品基质的检测难点。依托差异化的分离原理与技术体系，该技术能够实现多类食品组分的有效甄别，在食品质量管控领域具备突出应用价值，也为食品检测技术的精细化发展提供重要支撑。

1 液相色谱技术基本原理与运行架构

1.1 液相色谱分离原理

不同物质在分子极性、吸附能力、溶解度等理化属性上存在天然差异，这类固有差异构成液相色谱分离作业的核心依据[1]。检测过程依托流动相与固定相构建稳定的两相体系，待测物质随流动相持续推进，在两相界面持续发生吸附、脱附与分配交换行为。各类组分与两相介质的作用强度各不相同，推进过程中会形成快慢不一的迁移速率。组分迁移速度的差异化表现，让混合样品中的复杂成分逐步完成分层排布，实现不同物质的有效拆分。精准把控两相介质的作用状态，能够有效提升混合组分的分离精准度。

1.2 液相色谱仪器组成结构

液相色谱检测仪器由多个独立功能单元共同构成，不同单元相互配合联动，支撑整套检测作业有序开展。输液系统负责输送流动相介质，维持检测过程中流体输送的稳定性与均匀性。进样系统承担样品导入工作，保障待测样品平稳、均匀地进入仪器内部管路。色谱柱作为核心分离单元，依托内部填料完成混合组分的筛选与分离作业。检测系统捕捉组分分离后的光学、电学信号，将物质浓度转化为可识别的有效信号数据。辅助单元负责调控设备运行环境，校准仪器运行参数。清晰划分各单元运行职能，保障设备全程稳定运行。

1.3 液相色谱完整检测流程

液相色谱检测遵循标准化作业链路，整套流程环环相扣，形成完整的作业闭环。样品前期处理环节，通过提纯、过滤、稀释等操作去除样品内部杂质，优化样品状态，规避复杂基质对检测作业的干扰。预处理完成的样品通过进样装置导入仪器管路，跟随流动相进入色谱柱内部完成组分分离。分离后的单一组分依次通过检测单元，设备捕捉物质对应的特征信号并完成实时收录。系统对采集的原始信号进行转化与解析，生成可供分析的检测数据。严格把控每一环节操作标准，稳步推进整套检测作业有序落地。

2 食品检测领域液相色谱技术类型与技术特质

2.1 常用液相色谱技术分类

液相色谱技术可以根据组分分离的核心机理完成类别划分，不同技术依托流动相与固定相之间独特的作用模式，构建出相对独立的运行体系。食品检测场景中普遍使用的技术涵盖正相液相色谱、反相液相色谱、离子色谱以及凝胶渗透色谱等主流类型。各类技术分别依靠分配作用、吸附作用、离子交换作用与分子排阻作用，完成复杂混合组分的分离与筛选[2]。不同技术对物质极性结构、分子粒径、电荷形态的处理方式存在明显差异，能够针对性处理各类有机、无机及高分子组分。各类技术拥有专属的运行逻辑与处理特征，应用方向具备

清晰的区分边界。系统梳理各类技术的运行规律与适用范畴，可为实际检测工作提供清晰的技术选用依据。

2.2 不同色谱技术的适用场景区分

食品基质内部成分构成复杂，天然存在的有机物、无机物、胶质与大分子物质相互混杂，造成检测环境复杂多变。不同待测组分在极性、分子质量、电荷状态等方面存在显著差异，对分离条件提出不同要求。正相与反相色谱可用于处理极性差异明显的有机组分，能够完成各类食品功能性成分与外源有机物的分离检测。离子色谱专注处理具备电荷属性的离子类组分，完成食品体系中各类离子物质的甄别与区分。凝胶渗透色谱依托分子排阻原理，对高分子量组分进行有效分离，适配多糖、聚合物等大分子物质的检测需求。按照待测组分理化特征匹配对应技术类型，精准覆盖各类食品检测作业场景。部分食品样本会同时出现多类属性不同的待测物，需要结合样本实际情况筛选适配的技术手段开展处理。

2.3 液相色谱技术适配食品检测的特质

食品检测对象普遍呈现组分混杂程度高、目标物质含量低微、干扰成分繁杂的特征，常规检测手段容易受到基质因素影响，出现识别精度不足的问题。液相色谱技术具备优异的分层分离能力，可在复杂混合体系中对微量、痕量目标组分进行有效识别与拆分，削弱基质环境带来的干扰影响。技术运行模式灵活可调，分离条件可根据检测对象的实际属性灵活调整，可覆盖不同极性、不同分子量、不同存在形态的各类检测物质。设备运行状态稳定，检测过程可控性强，能够减少外界因素带来的检测偏移。凭借稳定的作业表现与宽泛的适配能力，持续优化食品领域各类组分的检测质量。外界环境温度波动、溶剂纯度变化，不会直接终止检测进程，但会小幅改变组分出峰时序，需要做好条件管控。

3 液相色谱技术在食品检测中的主要应用领域

3.1 食品外源性污染组分检测

食品生产链条环节繁杂，自然生长、工业化加工、仓储运输等各个阶段都有可能引入外来污染物质。这类污染组分大多隐匿于复杂的食品基质内部，基质本身含有的大量基础成分会对检测过程形成较强干扰，提升目标物质的识别难度。液相色谱具备出色的精细分离能力，能够破除复杂基质带来的干扰壁垒，对体系内存在的各类外源污染组分开展系统性筛查甄别。技术体系可对混杂状态下的微量异物组分进行逐层拆分，精准剥离目标污染物与食品基础组分，完成低含量污染物质的有效识别与区分[3]。通过稳定的分离与识别机制，精准锁定食品体系中潜藏的各类外源污染问题，筑牢食品安全筛查的技术防线。

3.2 食品添加组分的精细化检测

现代化食品加工会通过各类添加物质优化食品感官性状、储存性能与加工特性，不同类型的添加组分相互交融，形成结构繁杂的混合体系。传统检测方式难以完成多组分精准拆分，容易出现组分混淆、识别偏差等问题，无法满足精细化检测作业标准。液相色谱分离体系可搭建稳定可控的分离环境，针对加工环节引入的各类添加物质开展针对性拆分处理。依托差异化的分离机理拆分各类理化性质相近的添加组分，精准区分不同物质的组分特征，完成各类添加物质的定性研判。以精准的组分分析结果支撑食品加工成分管控工作有序开展。

3.3 食品内源功能性组分检测

各类食品天然携带多种营养成分与活性功能组分，这类内源物质的构成状态与含量水平，直接决定食品的食用价值与品质等级。部分功能性组分理化性质相近、含量占比较低，常规检测手段难以实现精准甄别与有效区分，无法完整呈现食品内源组分的真实构成状态。液相色谱技术可针对食品原生营养物质与功能性组分开展专项分离作业，逐一甄别各类内源组分的存在形态。系统梳理食品内部组分的构成规律与分布特征，搭建完整的组分研判技术框架。持续完善食品品质判定的技术支撑体系。

3.4 食品劣变次生组分检测

食品在长期储存、不当加工或环境因素干扰的情况下，内部原有稳定的组分结构会发生分解与转化，生成全新的次生代谢组分。这类组分属于食品劣变的特征产物，能够直观反映食品品质的衰变程度。多数次生产物生成量少、特异性强，常规检测技术难以有效捕捉，无法精准判定食品变质状态。液相色谱技术可针对劣变衍生的特殊组分搭建专项检测模式，精准捕捉食品变质过程中产生的特征性物质。结合次生组分的生成种类与含量变化，客观分辨食品品质的衰变情况。为食品新鲜度与品质状态判别提供精准技术依据。

4 食品检测中液相色谱技术的优化与拓展方向

4.1 食品样品前处理工艺优化

食品检测样本普遍具备复杂基质属性，各类食材与加工制品内部混杂大量蛋白质、糖类、脂类及细微悬浮杂质，这类物质会直接干预色谱分离进程，干扰目标组分的正常分离与出峰表现。常规处理方式步骤繁杂、净化精度有限，无法彻底清除基质中的干扰成分，容易造

成检测基线不稳、杂质峰过多等问题，降低检测精准程度[4]。针对食品基质干扰性强的行业痛点，可对样品净化、富集、提纯的整套操作工艺进行针对性改良。精简流程中冗余的操作步骤，重构简洁高效的作业链路，适配不同品类食品样本的预处理需求。更换适配性更强的净化填料与提纯方式，精准剔除样本内无效干扰物质，提升待测液体的纯净程度。合理调整富集环节的操作参数，强化微量目标组分的浓缩效果，提升低含量物质的仪器响应信号。通过工艺升级优化样本预处理质量，为后续色谱分离作业筑牢稳定的实验基础。

4.2 色谱分离体系条件优化

食品体系内含的待测组分理化属性差异显著，不同物质的分子极性、溶解特性、结构稳定性各不相同，固定化的检测参数难以适配多样化的检测对象，容易出现组分重叠、分离不完全、峰形畸变等问题。为改善复杂样本的分离效果，需要结合各类待测组分的独有特性，灵活调整色谱检测的各项运行参数。主动调整流动相配比、管路流速、柱温区间、检测波长等关键指标，根据组分特性搭建适配的分离环境。优化梯度洗脱程序，科学调控不同时段的洗脱强度，有序区分极性相近、结构相似的复杂组分。持续校准仪器运行状态，规避基线波动、杂峰干扰等常见问题。通过精细化的参数调校与条件优化，持续强化复杂食品组分的分离精细度与组分识别辨识度。

4.3 多元检测技术联用拓展

液相色谱技术的核心优势集中在组分分离层面，单一技术体系仅能完成基础的定性与定量分析，面对结构复杂、含量极低、未知属性的食品组分，分析深度与检测范围存在明显局限。各类精密分析技术拥有专属的检测功能与分析维度，能够弥补单一色谱检测的能力短板。推动液相色谱与质谱、光谱等精密分析技术深度结合、相互联用，打破传统单一检测技术的作业边界。依托不同技术的功能互补特性，搭建一体化复合检测体系，完成复杂组分的分离甄别、结构解析与精准研判。深挖食品样本中微量、痕量物质的有效信息，丰富组分分析的技术维度。有效弥补单一检测手段的功能短板，让食品组分分析工作能够覆盖更多复杂检测场景。

4.4 检测体系自动化升级迭代

传统液相色谱食品检测模式以人工操作为核心，样本处置、设备进样、参数调控、数据整理等环节均依赖人工完成，作业流程繁琐，人为操作偏差极易影响检测数据的稳定性与统一性。智能化、数字化技术的普及，为检测模式升级提供全新思路。借助自动化、智能化技术改造传统检测模式，全面梳理并优化人工操作流程。引入自动化进样设备与智能管控系统，替代重复性人工工序，统一各环节作业标准，减少人工操作带来的误差问题。精简低效作业环节，规范全流程操作规范，提升检测作业的整体流畅度[5]。持续推动智能技术与色谱检测流程深度融合，稳步推进液相色谱食品检测体系的标准化、自动化迭代升级，推动食品检测行业朝着智能化方向稳步革新。

结束语

液相色谱可适配多类型食品样本的组分检测工作，能够有效解决复杂基质下微量组分难以精准识别的问题，覆盖食品安全筛查、成分检测及品质判定等多个核心场景。不同液相色谱技术的差异化特性，可精准匹配各类食品组分的分离检测需求，有效提升食品检测的精细化水平。通过优化样品处理工艺、调试分离参数、拓展技术联用模式及升级智能检测体系，能够持续完善液相色谱在食品检测中的应用体系，进一步释放技术在食品品质管控领域的应用潜力。

参考文献

[1] 梁艳, 韩东明, 程雪. 高效液相色谱技术在食品检测中的应用 [J]. 食品安全导刊,2023(32):154-156.

[2] 梁盛斌. 高效液相色谱技术在食品检测中的应用研究 [J]. 食品安全导刊,2022(27):183-185,189.

[3] 李莉. 高效液相色谱技术在食品检测中的应用研究 [J]. 食品安全导刊,2024(26):165-167.

[4] 朱佳佳. 探析液相色谱技术在食品检测中的应用 [J]. 现代食品,2023,29(14):146-148.

[5] 林文奇. 高效液相色谱技术在食品检测中的应用探究 [J]. 食品界,2024(6):115-117.