

# 超高效液相色谱技术在食品安全检测中的应用

林 铿 金 莎 谢一丹 何 柳  
台州方圆质检有限公司 浙江 台州 318000

**摘要：**超高效液相色谱技术（UPLC）在食品安全检测领域展现出卓越的应用价值。该技术凭借其高灵敏度、高分辨率及高效分离能力，有效应对了食品中农药残留、添加剂、毒素、重金属及非法添加物等复杂检测需求。UPLC不仅提升了检测精度与效率，还促进了食品安全标准的严格执行，为公众健康提供了坚实保障。随着技术的不断进步，UPLC在食品安全检测中的应用前景将更加广阔。

**关键词：**高效液相色谱；食品检测；应用

## 1 超高效液相色谱法概述

超高效液相色谱法（Ultra Performance Liquid Chromatography，简称UPLC）是一种基于高效液相色谱法（HPLC）的现代化分离与分析技术。该技术通过引入小颗粒填料、降低系统体积以及采用快速检测手段等全新技术，显著提升了色谱分析的通量、灵敏度和色谱峰容量。UPLC的色谱柱粒径通常达到 $3.5\mu\text{m}$ 甚至 $1.7\mu\text{m}$ ，远小于传统HPLC的 $5\mu\text{m}$ ，这使得其分离效率和速度得到了质的飞跃。在UPLC系统中，超高压输液泵的使用是必不可少的，因为小粒径色谱柱的使用会产生更高的阻力，需要更高的压力来驱动流动相，高速采样速度的灵敏检测器以及低扩散、低交叉污染的自动进样器也进一步提升了分析的准确性和效率。UPLC仪器整体系统经过优化设计，配备了多种软件平台，能够实现超高效液相分析方法与高效液相分析方法的自动转换，极大地方便了科研工作者。UPLC的优势在于其速度、灵敏度和分离度分别是HPLC的9倍、3倍及1.7倍，显著缩短了分析时间并降低了溶剂用量，从而降低了分析成本。这一技术特别适用于那些挥发性低、稳定性差、分子量大的高分子化合物的分析，如药物分析中的天然产物复杂组分、生化分析中的蛋白质和多肽、食品分析中的农药残留以及环境分析中的微囊藻毒素等<sup>[1]</sup>。在药物研究领域，UPLC的应用尤为广泛。它能够对中药等复杂组分的样品进行高效分离和准确分析，为中药现代化研究提供了强有力的技术支持。UPLC还在保健食品功效成分、营养强化剂、维生素类以及蛋白质的分离测定等领域发挥着重要作用。

## 2 食品安全检测的重要性

食品安全检测的重要性不容忽视，它直接关系到公众的健康与安全，是社会稳定和经济发展的基石。随着全球化进程的加速和食品供应链的日益复杂，食品安全问题日益凸显，成为世界各国共同面临的重大挑战。第

一、食品安全检测能够确保食品中不含有害物质，如农药残留、重金属污染、微生物污染及非法添加剂等。这些有害物质如果进入人体，可能会对人体健康造成严重影响，包括急性中毒、慢性损害乃至致癌风险。通过严格的检测手段，可以及时发现并排除这些潜在危害，保障消费者的健康权益。第二、食品安全检测是维护市场秩序和公平竞争的必要手段，在市场上，一些不法商家为了追求利润，可能会使用劣质原料、超量使用添加剂或伪造检测报告等手段来降低成本。这些行为不仅损害了消费者的利益，也破坏了市场的公平竞争环境。通过加强食品安全检测，可以严厉打击这些违法行为，维护市场的正常秩序和公平竞争<sup>[2]</sup>。第三、食品安全检测还有助于提升食品产业的国际竞争力，随着国际贸易的不断发展，食品质量安全已经成为国际贸易中的重要议题。只有符合国际标准的食品才能在国际市场上获得认可和信任，加强食品安全检测，提升食品质量安全水平，对于促进我国食品产业的出口和国际贸易具有重要意义。

## 3 超高效液相色谱技术在食品安全检测中的优势

### 3.1 高灵敏度与分辨率

在食品安全检测中，超高效液相色谱技术（UPLC）展现出卓越的高灵敏度与分辨率优势。由于UPLC采用了小粒径的色谱柱填料，极大地提高了色谱柱的分离效率和表面积，使得样品中的微量成分也能被有效分离并准确检测。这种高灵敏度特性对于检测食品中痕量的有害物质（如农药残留、兽药残留、非法添加剂等）至关重要，能够确保即使在极低的浓度下也能被准确识别，从而保障食品的安全性。高分辨率则意味着UPLC能够更清晰地分辨出复杂基质中的各个组分，减少干扰，提高检测的准确性和可靠性。

### 3.2 高效分离与快速分析

UPLC技术在食品安全检测中的另一大优势在于其高

效分离与快速分析的能力。相比传统的高效液相色谱法（HPLC），UPLC通过减小颗粒粒径、优化系统设计和采用高压泵等技术手段，显著提高了分析速度。这意味着在更短的时间内可以完成更多的样品分析，大大提高了检测效率。对于食品行业而言，快速分析不仅有助于及时发现并解决潜在的安全问题，还能缩短产品上市周期，降低生产成本。高效分离能力确保了即使在复杂的食品基质中，也能准确地将目标化合物从其他成分中分离出来，为后续的定性和定量分析提供可靠的基础。这些优势共同使得UPLC成为食品安全检测领域不可或缺的重要工具。

#### 4 食品安全存在的主要问题

食品安全存在的主要问题涉及多个方面，其中最为突出的是化学性污染、微生物污染以及非法添加剂的使用。化学性污染主要来源于农药、兽药残留、重金属超标以及工业污染物等，这些有害物质可能通过食物链进入人体，对人体健康造成长期或短期的危害。微生物污染则是由于食品在生产、加工、运输、储存等环节中受到细菌、霉菌、病毒等微生物的污染，导致食品变质、腐败，进而引发食物中毒等食品安全事件。非法添加剂的使用也是食品安全的一大隐患，一些不法商家为了改善食品的色泽、口感、保质期等特性，违法添加禁止使用的化学物质，这些添加剂可能对人体健康造成严重损害<sup>[3]</sup>。除了上述问题外，食品安全还面临着假冒伪劣产品的挑战，一些不法商家为了谋取暴利，生产销售假冒伪劣食品，这些食品往往质量低劣、卫生条件差，甚至可能含有有毒有害物质，严重威胁消费者的健康。随着食品贸易的全球化，跨境食品安全问题也日益突出，不同国家和地区之间的食品安全标准、监管体系存在差异，增加了食品安全的风险和不确定性。

#### 5 超高效液相色谱技术在食品安全检测中的应用

##### 5.1 农药残留检测

在食品安全检测领域，农药残留是一个备受关注的问题，因为它直接关系到农产品的安全性和消费者的健康。UPLC技术能够针对食品中微量的农药残留进行精确分析，农药种类繁多，性质各异，且残留量往往极低，传统的检测方法可能难以达到所需的检测限。而UPLC通过采用小粒径色谱柱和高压泵系统，提高了样品的分离效率和检测灵敏度，使得即使在极低的浓度下也能准确检测出农药残留，UPLC还可以与质谱（MS）等检测器联用，形成UPLC-MS系统，进一步提高检测的准确性和可靠性。这种联用技术不仅能够实现农药残留的定性分析，还能进行定量分析，为食品安全监管提供科学依

据。在实际应用中，UPLC技术被广泛应用于水果、蔬菜、谷物等农产品中的农药残留检测。通过对样品进行前处理，提取出其中的农药残留成分，然后利用UPLC进行分离和检测，可以快速、准确地确定食品中是否含有禁用或限用的农药，以及残留量是否超过国家标准。这对于保障农产品的质量安全、维护消费者的健康权益具有重要意义。

##### 5.2 添加剂含量测定

食品添加剂是现代食品工业中不可或缺的一部分，它们可以改善食品的色泽、口感、质地和保质期等特性。过量或不当使用食品添加剂可能会对人体健康造成危害。对食品中添加剂的含量进行准确测定是食品安全检测的重要内容之一。超高效液相色谱技术（UPLC）在添加剂含量测定中展现出独特的优势，由于添加剂种类繁多，且含量范围广泛，传统的检测方法可能难以满足快速、准确测定的需求。而UPLC通过优化色谱柱和流动相的选择，可以实现对不同种类添加剂的高效分离和准确检测<sup>[4]</sup>。UPLC还具有高灵敏度和高分辨率的特点，能够准确测定食品中添加剂的微量残留，确保检测结果的准确性和可靠性。在实际应用中，UPLC技术被广泛应用于饮料、糖果、糕点等食品中的添加剂含量测定。通过对样品进行前处理，提取出其中的添加剂成分，然后利用UPLC进行分离和检测，可以快速、准确地确定食品中添加剂的种类和含量。这对于规范食品添加剂的使用、保障食品的安全性和合规性具有重要意义。

##### 5.3 毒素与重金属检测

食品中的毒素和重金属污染是另一个重要的食品安全问题。毒素可能来源于生物体内的代谢产物或环境污染物，而重金属则可能通过土壤、水源等途径进入食品链。这些有害物质对人体健康具有潜在的危害，如导致慢性中毒、神经系统损伤等。超高效液相色谱技术（UPLC）在毒素与重金属检测中也发挥着重要作用。虽然UPLC本身主要用于有机物的分离和分析，但通过与电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）等无机质谱检测器的联用，可以实现对食品中重金属元素的高效分离和准确测定。对于某些有机毒素（如霉菌毒素、海洋生物毒素等），UPLC也能够通过选择合适的色谱柱和检测条件进行有效的分离和检测。在实际应用中，UPLC技术被广泛应用于谷物、水产品、乳制品等食品中的毒素与重金属检测。通过对样品进行适当的前处理（如提取、净化等），然后利用UPLC进行分离和检测，可以快速、准确地确定食品中是否含有有害的毒素或重金属元素，以及它们的含量是否超过安全标准。这对于及时发现并处理食品中

的安全隐患、保障消费者的健康权益具有重要意义。

#### 5.4 食物中生物毒素的检测

食物中的生物毒素，如霉菌毒素、细菌毒素及海洋生物毒素等，是食品安全检测中不可忽视的重要方面。这些毒素往往具有强毒性，即使微量存在也可能对人体健康造成严重威胁。UPLC技术通过优化色谱柱的选择和流动相的条件，能够实现对食物样品中复杂基质的有效分离，将目标生物毒素从其他干扰物质中精确提取出来，结合高灵敏度的检测器，如质谱（MS）等，UPLC能够进一步对生物毒素进行准确定性和定量分析。这种高分辨率和精确度的检测能力，使得UPLC成为检测食物中生物毒素的首选方法之一。在实际应用中，UPLC技术被广泛应用于谷物、坚果、水果及海产品等易受生物毒素污染的食品检测中。通过对样品进行适当的前处理，如提取、净化等步骤，UPLC能够准确快速地检测出食品中是否含有生物毒素，以及毒素的种类和含量，为食品安全风险评估和监控提供重要数据支持。

#### 5.5 保健食品中非法添加物的检测

随着人们健康意识的增强，保健食品市场日益繁荣。对保健食品中非法添加物的检测成为食品安全检测的重要内容之一。超高效液相色谱技术（UPLC）在保健食品中非法添加物的检测中发挥着重要作用，由于保健食品的基质复杂，且非法添加物种类繁多、含量低，传统的检测方法往往难以达到理想的检测效果。而UPLC通过采用小粒径色谱柱和高压泵系统，提高了分离效率和检测灵敏度，能够实现对保健食品中微量非法添加物的高效分离和准确检测。UPLC还可以与多种检测器联用，如质谱（MS）、紫外检测器（UV）等，形成多模式检测

系统，进一步提高检测的准确性和可靠性。这种多模式检测能力使得UPLC能够同时检测多种不同类型的非法添加物，满足保健食品中复杂成分的检测需求。在实际应用中，UPLC技术被广泛应用于减肥类、保健功能类及改善睡眠类等保健食品中非法添加物的检测。通过对样品进行前处理，如提取、净化等步骤，UPLC能够准确快速地检测出保健食品中是否含有非法添加物，以及添加物的种类和含量，为保健食品市场的规范化和消费者的健康保驾护航。

#### 结束语

超高效液相色谱技术作为食品安全检测的重要工具，其应用不仅深化了我们对食品中有害物质的认知，也为食品安全监管提供了强有力的技术支持。未来，随着技术的持续优化和创新，UPLC将在保障食品安全、维护公众健康方面发挥更加重要的作用。期待UPLC技术的不断进步，为食品安全检测领域带来更多突破与贡献。

#### 参考文献

- [1]张卫卫,韩四海,李璇,刘建学,李佩艳,徐宝成,罗登林.超高效液相色谱-串联质谱法在食品安全检测中的应用[J].食品安全质量检测学报,2020,11(21):7966-7974.
- [2]张俏.高效液相色谱-质谱技术在食品安全检测中的应用[J].现代食品,2020(10):111-112.
- [3]储君,张新蕾,乔红培,等.高效液相色谱法测定混合型饲料添加剂中VB1和VB2的含量[J].现代畜牧兽医,2020(11):9-11,20,45(5):76-77.
- [4]蔡姝,张荣荣,邓飞燕.高效液相色谱技术在食品检测中的应用探讨[J].现代食品,2020(23):123-125.