

基于光谱分析的食品成分快速检验技术

牛 墨

哈尔滨海关技术中心牡丹江综合实验室 黑龙江 牡丹江 157000

摘要: 随着食品安全问题日益受到全球关注,快速、准确检测食品成分成为保障食品质量与安全的关键环节。光谱分析技术,作为一种非破坏性、高效且灵敏度高的检测方法,近年来在食品成分快速检验领域展现出了巨大潜力。本文综述了光谱分析的基本原理、常用技术及其在食品成分检测中的最新应用进展,探讨了该技术的优势、挑战及未来发展趋势,旨在为食品质量控制与监管提供科学依据和技术参考。

关键词: 光谱分析;食品;成分检验

引言

食品成分的快速检验对于确保食品的真实性、营养价值、安全性及合规性至关重要。传统检测方法如化学分析法、微生物培养法等,虽然准确度高,但耗时长、操作复杂,难以满足现代食品工业快速检测的需求。光谱分析技术,通过测量样品与电磁辐射相互作用后产生的光谱特征,能够实现食品成分的快速定性与定量分析,已成为食品科学研究领域的热点之一。

1 光谱分析技术基础

1.1 光谱分析原理

光谱分析技术是一种深入探究物质本质的有效手段,它依据物质与光相互作用的特性——吸收、发射、散射或反射,来揭示物质的内在秘密。每种物质,由于其独特的分子架构和能级排布,都会在特定的光波长度下展现出独一无二的光谱特征。这些特征光谱,就像物质的“指纹”,蕴含着丰富的信息。通过精密的光谱仪器,我们能够捕捉到这些微弱而关键的光信号,并对其进行细致的解析。这一过程能够准确地推断出样品的化学成分、结构状态,甚至进一步洞察其物理性质。光谱分析技术的这种能力,使其在科学研究、工业生产、环境监测等多个领域都发挥着不可替代的作用。

1.2 光谱分析技术的特点

光谱分析技术之所以在众多分析手段中脱颖而出,得益于其显著的几大特点。首先,其快速性尤为突出。传统的化学分析方法往往需要繁琐的样品处理和长时间的反应过程,而光谱分析技术则能在极短的时间内完成样品的检测,迅速给出结果。这种高效性使得光谱分析技术在需要快速检验的场合,如生产线上的质量控制、环境监测的紧急响应等,具有得天独厚的优势。其次,光谱分析技术的无损性也是其一大亮点。许多分析技术在进行检测前需要对样品进行复杂的预处理,甚至可能

破坏样品的原始状态^[1]。而光谱分析技术则通常无需对样品进行任何预处理,即可直接进行检测,从而保证了样品的完整性和原始性。最后,光谱分析技术还具备多组分同时检测的能力。在一次检测过程中,光谱分析技术能够同时捕捉到样品中多种成分的光谱信息,实现多种成分的同时检测和分析。这种高效的多组分检测能力极大地提高了检测效率,为复杂样品的快速分析提供了有力支持。

2 光谱分析技术在食品成分快速检验中的应用

2.1 紫外-可见光谱(UV-Vis)

在食品成分的快速检验中,紫外-可见光谱(UV-Vis)技术以其独特的优势,成为检测含有共轭体系或生色团化合物的重要工具。这类化合物在食品中广泛存在,如维生素、色素等,它们不仅是食品的重要组成部分,也是评价食品品质和营养价值的关键指标。紫外-可见光谱技术利用物质在紫外和可见光区域的吸收特性,对样品中的目标成分进行定性和定量分析。对于含有共轭体系或生色团的化合物,如维生素C、维生素E、胡萝卜素以及各种食品色素等,它们在特定波长下具有明显的吸收峰,这些吸收峰的位置和强度与化合物的结构和浓度密切相关。通过UV-Vis光谱仪,可以快速获取样品在紫外和可见光区域的吸收光谱图。通过对比标准品的光谱图或利用已知的吸收系数,可以准确地确定样品中目标成分的存在与否,以及其相对含量。这种方法不仅操作简便、快速,而且无需复杂的样品预处理,实现了对食品成分的无损检测^[2]。在食品工业中,UV-Vis光谱技术被广泛应用于维生素含量的测定、食品色素的鉴别和定量分析、以及食品中添加剂的快速筛查等方面。它不仅为食品质量的监控提供了有力支持,也为食品研发、生产过程中的质量控制以及食品安全监管等环节带来了极大的便利。

2.2 近红外光谱 (NIR)

近红外光谱 (NIR) 技术, 作为光谱分析领域中的一颗璀璨明珠, 近年来在食品成分快速检验中展现出了非凡的潜力和广泛的应用前景。与紫外-可见光谱相比, NIR技术具有更宽的波长范围, 能够捕捉到物质在近红外区域的独特光谱特征, 从而为食品成分的分析提供了更为丰富的信息。NIR技术特别适用于检测食品中的有机成分, 如蛋白质、脂肪、碳水化合物以及水分等。这些成分在近红外区域具有特定的吸收和反射特性, NIR技术正是利用这些特性来实现对它们的快速、准确检测。通过NIR光谱仪, 可以轻松获取样品在整个近红外波段的光谱数据, 进而通过数据分析和处理, 提取出与目标成分相关的信息。在食品工业中, NIR技术的快速检验能力具有极高的实用价值。它不仅能够大大缩短检测时间, 提高生产效率, 还能够实现对食品生产过程的实时监控, 确保产品质量的稳定性和一致性。例如, 在乳制品生产中, NIR技术可以迅速检测牛奶中的脂肪含量和蛋白质含量, 为产品的分级和定价提供准确依据; 在谷物加工中, NIR技术可以快速检测谷物的水分含量和淀粉含量, 为储存和加工过程提供重要参考。此外, NIR技术还具有非破坏性、无污染、无需样品预处理等优点, 使得它在食品成分快速检验中更具优势。它能够在不破坏样品原始状态的情况下, 直接获取食品成分的信息, 避免了传统检测方法中可能引入的误差和污染。

2.3 中红外光谱 (MIR/FTIR)

中红外光谱 (MIR/FTIR) 技术, 作为光谱分析家族中的重要成员, 以其独特的检测能力和广泛的应用领域, 在食品成分快速检验中展现出了非凡的魅力。与近红外光谱相比, 中红外光谱技术能够捕捉到物质在中红外区域的更为精细的光谱特征, 为食品成分的分析提供了更为深入和全面的信息。MIR/FTIR技术特别适用于检测食品中的化学键和官能团, 如羧基、羟基、氨基等。这些化学键和官能团在中红外区域具有特定的吸收峰, 就像物质的“光谱身份证”一样, 可以通过MIR/FTIR技术进行准确识别。在食品成分分析中, MIR/FTIR技术能够实现蛋白质、脂肪、糖类、酸类等多种成分的快速、准确检测, 为食品的品质控制和食品安全监管提供了有力支持。在实际应用中, MIR/FTIR技术的快速检验能力得到了广泛认可。它能够在短时间内获取样品的中红外光谱数据, 并通过数据分析和比对, 迅速确定样品中目标成分的存在与否以及其相对含量。这种高效、准确的检测方式, 不仅大大提高了食品生产的效率, 还降低了检测成本, 为食品行业的可持续发展注入了新的活力^[3]。

此外, MIR/FTIR技术还具有样品用量少、检测过程简单、无需复杂预处理等优点。这使得它在食品成分快速检验中更具优势, 尤其是在对珍贵样品或难以获取样品的检测中, MIR/FTIR技术更是展现出了其独特的价值。

2.4 拉曼光谱

拉曼光谱技术, 作为一种基于分子散射现象的光谱分析方法, 近年来在食品成分快速检验中逐渐崭露头角。与传统的光谱技术相比, 拉曼光谱技术具有对水分不敏感的独特优势, 这使得它在检测含有大量水分的食品样品时, 能够更准确地捕捉到目标成分的光谱信息。在食品成分分析中, 拉曼光谱技术特别适用于检测碳水化合物、蛋白质等关键成分。这些成分在食品中扮演着举足轻重的角色, 不仅影响着食品的营养价值和口感, 还是评价食品品质的重要指标。通过拉曼光谱技术, 可以直接获取样品中这些成分的光谱特征, 进而实现它们的快速、准确检测。拉曼光谱技术的这一特点, 使得它在食品工业中具有广泛的应用前景。例如, 在糖类食品的生产过程中, 拉曼光谱技术可以迅速检测产品中的糖分含量, 确保产品的甜度和口感符合标准要求; 在乳制品行业, 拉曼光谱技术则能够准确测定牛奶中的蛋白质含量, 为产品的营养标签提供可靠依据。此外, 拉曼光谱技术还具有非破坏性、无需样品预处理、检测过程简单等优点。这些优点使得它在食品成分快速检验中更具优势, 尤其是在对珍贵样品或难以获取样品的检测中, 拉曼光谱技术更是展现出了其独特的价值。它能够在不破坏样品原始状态的情况下, 直接获取食品成分的信息, 为食品行业的品质控制和食品安全监管提供了有力的技术支持。

2.5 荧光光谱

荧光光谱技术, 凭借其独特的检测机制, 即物质在受到特定波长光激发后发射荧光的特性, 已成为食品成分快速检验中的一把“灵敏钥匙”。这项技术尤其擅长于检测那些具有荧光性质的成分, 如维生素、农药残留等, 为食品行业的质量控制和安全监管提供了强有力的分析手段。在食品成分分析中, 荧光光谱技术的优势在于其高度的选择性和灵敏度。当食品样品中的某些成分吸收特定波长的光后, 会跃迁到激发态, 并在极短的时间内返回到基态, 同时发射出比激发光波长更长的荧光。这种荧光信号与样品的成分和结构密切相关, 因此可以作为识别目标成分的“指纹”。特别是对于维生素这类具有荧光特性的营养成分, 荧光光谱技术能够实现快速、准确的检测。在食品加工和储存过程中, 维生素的损失是一个重要关注点, 荧光光谱技术可以帮助生产

商及时监测产品中的维生素含量,确保产品的营养价值。同时,荧光光谱技术在农药残留检测方面也展现出了巨大的潜力^[4]。农药残留是食品安全领域的一个重要问题,荧光光谱技术能够针对某些具有荧光特性的农药进行快速筛查,为农产品的安全上市提供有力保障。此外,荧光光谱技术还具有操作简便、检测速度快、样品用量少等优点。这些特点使得它在食品成分快速检验中更具实用性,尤其是在需要快速响应和高效检测的场合下,荧光光谱技术更是发挥了不可替代的作用。

3 技术挑战与展望

3.1 技术挑战

在光谱分析技术应用于食品成分快速检验的征途中,面临着诸多技术挑战,这些挑战既是前行的阻碍,也是推动技术创新的催化剂。首先,样品预处理的复杂性是光谱分析技术广泛应用的一大障碍。食品基质多样且复杂,其中含有的各种成分可能对光谱分析产生干扰,影响检测结果的准确性。因此,开发更为简便、有效的预处理技术显得尤为重要。这需要深入研究不同食品基质的特性,探索能够去除干扰成分、保留目标成分的新型预处理方法,以降低检测过程中的复杂性和不确定性。其次,光谱数据的高维度和复杂性给数据解析带来了巨大挑战。光谱数据包含了丰富的信息,但同时也夹杂着大量的噪声和无关信息。如何从这些海量数据中高效提取有用信息,并准确解析出目标成分的含量和结构,是光谱分析技术中的一大技术难点。为了攻克这一难题,需要借助先进的数学和统计方法,如多维数据分析、特征提取等,来优化数据处理流程,提高数据解析的准确性和效率。此外,高精度光谱仪器的成本较高,且需要专业人员进行维护和操作,这也限制了光谱分析技术在食品检验中的广泛应用。如何降低仪器成本、简化操作流程、提高仪器的稳定性和耐用性,是当前亟待解决的问题。

3.2 未来展望

面对挑战,更应展望未来,把握光谱分析技术在食品检验中的发展趋势和机遇。首先,技术融合将为光谱

分析技术注入新的活力。随着人工智能、机器学习等技术的快速发展,可以将这些技术与光谱分析相结合,构建智能化的光谱数据分析模型。通过训练模型来自动识别光谱数据中的特征信息,提高数据分析的准确性和效率,从而实现对食品成分的快速、准确检测。其次,便携式光谱检测设备的研发将是未来的一个重要方向。随着科技的进步和消费者需求的提升,现场快速检测已成为食品检验的重要趋势。研发低成本、便携式的光谱检测设备,将使得光谱分析技术更加贴近实际应用场景,满足现场快速检测的需求。这不仅可以提高检测效率,还可以降低检测成本,推动光谱分析技术在食品检验中的广泛应用。最后,标准化与数据库建设将是光谱分析技术普及与应用的关键。通过建立统一的光谱分析标准和食品成分光谱数据库,可以实现不同实验室之间的数据共享和比对,提高检测结果的可靠性和一致性。同时,数据库的建设还可以为光谱分析技术的研发和应用提供丰富的数据支持,推动技术的不断进步和创新。

结语

光谱分析技术以其独特的优势,在食品成分快速检验领域展现出广阔的应用前景。随着技术的不断进步和创新,光谱分析将更加精准、高效、便捷,为食品安全保障和食品工业发展贡献力量。未来,加强跨学科合作,解决技术挑战,推动光谱分析技术的标准化与智能化,将是该领域发展的关键方向。

参考文献

- [1]高鑫.光谱分析在食品成分检测中的应用[J].食品安全导刊,2024,(21):54-56.
- [2]蒙韦玲,朱柏源.基于光谱分析的食品成分鉴定与质量检测[J].中国食品,2024,(10):97-99.
- [3]李梦樱,管琛.光谱分析法在食品评价中的应用研究[J].现代食品,2019,(07):104-106.
- [4]史鑫,罗永康,张佳然,等.荧光光谱分析技术在食品检测领域的研究进展[J].食品工业科技,2022,43(11):406-414.