探究食品快速检测的创新技术

邓冰冰

禄劝彝族苗族自治县市场监督管理局食品药品检验检测中心 云南 昆明 651500

摘要: 本文围绕食品快速检测创新技术展开阐述。生物传感器以高特异性、灵敏性等优势,在病原体检测领域应用广泛,正朝多参数智能化发展。微流控芯片凭借微尺度流体操控,集成检测流程,在微生物与毒素检测成果斐然。纳米技术借助纳米材料特性,实现多成分同步检测,攻克重金属检测难题。光谱技术基于光特性,能快速无损地检测多种成分。分子生物学技术如LAMP,在微生物检测方面成效显著。未来,这些技术将融合发展,全方位保障食品安全。

关键词: 食品;快速检测;创新技术

引言

食品安全关乎民众健康与社会稳定,是全球瞩目的焦点。如今,食品生产、加工及流通环节愈发复杂,传统检测手段因检测周期长、操作繁杂、成本高,无法契合现代食品安全监管对高效、即时的严苛需求。食品快速检测技术顺势兴起,尤其是近年多学科融合催生了一系列创新技术,如生物传感、微流控芯片等,为食品安全保障带来新契机,深入研究这些技术对守护食品安全意义重大。

1 生物传感器技术在食品快速检测中的应用

1.1 生物传感器的工作原理

生物传感器是融合生物识别元件与物理/化学换能器的分析装置。其工作机制依托生物识别元件与目标物的特异性结合,这种结合会触发换能器产生物理或化学性质变化。换能器将信号转化为可测量的电信号,经信号处理系统放大分析后,实现对目标物的定性或定量检测。例如,酶传感器通过酶与底物的催化反应,改变传感器周围pH值或离子浓度,通过检测这些变化即可测定底物浓度。该技术因高灵敏度和特异性,在食品安全、环境监测等领域具有广泛应用潜力。

1.2 生物传感器在食品检测中的优势

生物传感器技术在食品快速检测中优势显著。一是特异性极高,生物识别元件与目标分析物的高度特异性结合,可有效排除其他干扰物质,大幅提升检测的准确性与可靠性。二是检测灵敏度高,能够检测到痕量目标分析物,满足食品中有害物质低残留检测的严苛要求。三是响应速度快,能在短时间内完成检测,适用于现场快速检测与实时监测。四是具有小型化、便携化特点,操作简便,无需复杂仪器与专业人员,可在食品生产现场、农贸市场、餐饮场所等多场景开展快速检测,极大

提高检测的便捷性与灵活性。

1.3 生物传感器技术的研究进展与应用现状

近年来,生物传感器技术在食品快速检测领域取得长足进展并广泛应用。在病原体检测方面,基于免疫传感器原理的生物传感器可快速、灵敏地检测食品中的致病微生物^[1]。在农药残留检测中,酶抑制型生物传感器利用农药对酶活性的抑制作用,检测酶活性变化间接测定农药残留量。在食品过敏原检测领域,生物传感器通过固定过敏原特异性抗体或核酸适配体,快速准确检测常常见过敏原。目前,生物传感器技术正朝着多参数检测、智能化、集成化方向发展,以应对日益复杂的食品安全检测需求。

2 微流控芯片技术在食品快速检测中的应用

2.1 微流控芯片的结构与工作原理

微流控芯片,即芯片实验室,是在微尺度下操控和分析流体的技术平台。其通常由微通道、微反应室、微泵、微阀等微小结构组成,通过光刻、蚀刻、注塑等微加工技术制作在玻璃、硅片、聚合物等材料基底上。微流控芯片的工作原理基于微尺度下流体的特殊物理化学性质,如层流效应、表面张力、扩散作用等。样品和试剂经微通道输送至微反应室混合、反应,产物再经微通道输送至检测区域检测。通过精确操控芯片内流体,实现样品预处理、分离、反应和检测等分析过程的集成化与自动化,大幅缩短检测时间,减少样品和试剂用量。

2.2 微流控芯片技术在食品检测中的优势

微流控芯片技术为食品快速检测带来显著优势。其高度集成化设计将样品处理、反应、检测等步骤浓缩于微小芯片,形成“芯片实验室”,简化流程并降低人为误差,提升检测精度。微尺度下流体扩散与反应加速,使混合与反应时间大幅缩短,可实现分钟级甚至秒级检

测,满足即时性需求。此外,该技术仅需微升至纳升级样品和试剂,有效降低成本并减少污染。其可扩展性与灵活性突出,通过调整芯片结构适配多种检测需求,并可结合电化学、光学等技术,进一步提升检测灵敏度与选择性,为食品安全检测提供创新解决方案。

2.3 微流控芯片技术的研究进展与应用现状

目前,微流控芯片技术在食品快速检测领域的研究和应用取得了丰硕的成果。在食品微生物检测方面,基于微流控芯片的核酸扩增技术得到了广泛应用。通过将核酸提取、扩增和检测等步骤集成在微流控芯片上,能够快速、灵敏地检测食品中的致病微生物^[2]。例如,利用微流控芯片实现了对食品中单核细胞增生李斯特菌的快速检测,检测时间从传统方法的数小时缩短至几十分钟。在食品毒素检测方面,微流控芯片技术也发挥了重要作用。通过将免疫分析技术与微流控芯片相结合,能够快速检测食品中的黄曲霉毒素、呕吐毒素等多种毒素。在食品营养成分检测方面,微流控芯片可用于检测食品中的蛋白质、维生素、矿物质等营养成分。

3 纳米技术在食品快速检测中的应用

3.1 纳米材料的特性及其在食品检测中的应用基础

纳米材料凭借1-100纳米级尺寸特性,在食品快速检测中展现独特优势。其超大比表面积可提供丰富活性位点,显著增强与目标分析物的结合能力,提升检测灵敏度;表面易修饰特性支持通过化学键合搭载生物识别分子,构建特异性纳米探针实现精准识别。此外,纳米材料的光学、电学和磁学特性为检测技术带来创新突破:纳米金粒子通过表面等离子体共振效应实现光学信号放大,磁性纳米粒子在外加磁场下可高效富集目标物,大幅简化样品预处理流程。这些特性共同推动纳米材料成为食品安全检测领域的革新性工具。

3.2 纳米技术在食品检测中的应用形式与优势

纳米技术在食品快速检测中主要以纳米传感器、纳米探针和纳米标记等形式应用。纳米传感器结合纳米材料与传感器技术,利用纳米材料对目标分析物的特异性响应实现检测。纳米探针利用表面修饰有特异性识别分子的纳米材料靶向识别和检测目标物质。纳米标记技术将纳米材料作为标记物用于免疫分析、核酸杂交等检测方法,通过检测纳米标记物信号间接测定目标分析物含量。纳米技术在食品快速检测中优势明显,除高灵敏度和特异性外,还具有良好的稳定性和重现性,纳米材料物理化学性质稳定,能在不同检测环境保持良好性能,减少检测误差,同时可实现多种食品成分和有害物质的同时检测,提高检测效率。

3.3 纳米技术的研究进展与应用现状

近年来,纳米技术凭借独特优势成为食品快速检测领域的革新力量。在重金属检测中,基于量子点、金纳米颗粒的传感器通过荧光淬灭等原理,可对铅、汞等重金属实现纳摩尔级超灵敏检测,为农产品安全提供技术保障。食品添加剂检测方面,纳米探针技术通过分子特异性识别,精准测定防腐剂、色素等成分含量,助力食品合规监管^[3]。微生物检测中,磁性纳米粒子与免疫磁珠结合可高效富集致病菌,结合核酸扩增技术实现快速筛查。随着纳米材料稳定性与生物相容性的持续优化,其多功能化、集成化发展趋势将推动食品安全全链条检测技术迈向新高度。

4 光谱技术在食品快速检测中的创新应用

4.1 常见光谱技术的原理及其在食品检测中的应用基础

光谱技术依托物质与光的交互特性,在食品快速检测中展现出显著优势。紫外-可见分光光度法通过分子特征吸收,可精准测定调味品中的亚硝酸盐、饮料中的苯甲酸钠等添加剂含量,为食品合规性提供关键数据。荧光光谱法凭借高灵敏度,可快速筛查谷物中的重金属离子及水产品中的农药残留。近红外光谱法通过构建多参数关联模型,可同步分析肉类水分、脂肪和乳制品蛋白质含量,提升检测效率。拉曼光谱法则通过分子振动特征解析,有效鉴别食用油中的反式脂肪酸和蜂蜜掺假糖浆。随着技术向便携化、智能化演进,光谱技术将在食品安全现场检测与质量控制中发挥更大作用。

4.2 光谱技术在食品检测中的优势

光谱技术在食品快速检测中优势诸多。首先,具有快速、无损特点,无需复杂样品前处理,可直接检测食品样品,短时间内获得检测结果,且不破坏样品,适用于大量食品样品的快速筛查。其次,能实现多成分同时检测,通过对光谱数据的多元统计分析,可同时测定多种食品成分和有害物质,提高检测效率。再者,检测灵敏度较高,可检测到食品中痕量目标物质。此外,光谱仪器操作简便、自动化程度高,便于在现场和基层检测机构推广应用。

4.3 光谱技术的创新发展与应用现状

随着光谱技术与计算机技术的深度融合,食品快速检测领域迎来技术革新。近红外光谱技术凭借非破坏性、高效检测能力,通过构建光谱-品质关联模型,可快速评估谷物、乳制品等食品的水分、脂肪和蛋白质含量,实现品质分级。拉曼光谱技术结合表面增强拉曼光谱技术,显著提升检测灵敏度,可精准识别食品中的苏

丹红、三聚氰胺等痕量有害物质,为食品安全预警提供数据支撑。光谱成像技术通过高光谱成像可视化水果内部病害分布,助力农产品质量控制。当前,光谱技术正向高分辨率、微型化、智能化发展,结合AI算法与便携设备,将进一步拓展在食品溯源、加工监控等场景的应用,为食品安全保障提供创新解决方案。

5 分子生物学技术在食品快速检测中的新进展

5.1 新型分子生物学技术的原理与特点

在食品快速检测领域,分子生物学新技术不断涌现。环介导等温扩增技术便是基于DNA扩增的佼佼者。它借助具链置换活性的DNA聚合酶与6条靶基因特异性引物,能在等温环境下快速扩增靶基因。相比传统PCR技术,LAMP无需复杂温度循环设备,30-60分钟即可完成扩增,扩增产物肉眼或简单仪器便能检测,非常适合现场快速检测,其扩增速度、特异性和灵敏度都极为出色。同时,核酸适配体技术也发展迅猛^[4]。核酸适配体经指数富集配体系统进化技术筛选而来,是可特异结合目标分子的单链DNA或RNA片段,具备易合成、修饰、保存、稳定性佳且无免疫原性等优势,在食品有害物质与生物标志物检测方面应用广泛。

5.2 分子生物学技术在食品检测中的应用优势

分子生物学技术在食品快速检测中应用优势显著。首先,特异性和灵敏度极高,LAMP技术针对靶基因的特异性扩增以及核酸适配体与目标分子的特异性结合,能准确识别和检测食品中的目标物质,检测极低浓度目标物,满足食品中痕量有害物质检测要求。其次,检测速度快,以LAMP技术为例,等温扩增过程大幅缩短检测时间,适用于应急检测和现场快速筛查。再者,能实现对多种食品成分和生物标志物的检测,不仅可检测致病微生物、病毒等病原体,还能检测转基因成分、过敏原等,为食品安全监管提供更全面技术手段。此外,随着与其他技术,如微流控芯片技术、纳米技术等交叉

融合,检测方法的集成化、自动化和便携化程度不断提高,拓展了其在食品快速检测领域的应用范围。

5.3 分子生物学技术的研究进展与应用现状

环介导等温扩增与核酸适配体技术推动食品快速检测迈向新高度。在微生物检测领域,LAMP技术凭借高灵敏度与特异性,已实现大肠杆菌、沙门氏菌等致病菌的快速筛查,通过针对性引物设计,可精准识别食品污染源。核酸适配体技术则在毒素检测中展现独特优势,基于适配体开发的传感器能高效捕捉黄曲霉毒素、肉毒毒素等有害物质,检测灵敏度与选择性显著提升。此外,两者在转基因成分检测中亦展现出广阔前景,通过扩增或识别特异性基因序列,可快速鉴别食品中的转基因成分。随着分子生物学技术的持续革新,LAMP与核酸适配体技术将在食品安全保障中发挥更大作用,为消费者健康筑起坚实防线。

结束语

食品快速检测创新技术在保障食品安全上已初显成效,大幅提升检测效率与准确性。但推广时,成本高、技术标准不统一、检测人员水平不一等问题凸显。展望未来,各技术会深度融合,借智能化提升效能,加快标准化步伐。随着不断创新完善,这些技术将全面融入食品产业链,为食品安全监管筑牢根基,助力食品行业迈向更安全、健康的发展轨道。

参考文献

- [1]董振华,朱晗昀.食品快速检测的创新技术分析[J].食品安全导刊,2021(26):137,139.
- [2]李俊平.食品安全检测技术的创新与发展[J].食品安全导刊,2024(8):139-141.
- [3]蓝勇波,林长虹,古丽君,等.快速检测技术在食品安全风险防控中的创新应用[J].食品安全导刊,2022(32):37-41.
- [4]仵雁北,冀玮,辛萌萌,等.科技赋能下食品安全检测技术的创新与应用[J].中国市场监管研究,2023(5):44-47,57.