

Application of bio-technological methods in food testing

Hongmei Liu

Food and Drug Inspection Institute, First Division, Xinjiang Production and Construction Corps, Alar, Xinjiang, 843300, China

Abstract

Food safety constitutes a critical issue concerning public health and social stability. As the cornerstone of food safety assurance, food testing directly depends on technical capabilities in terms of both accuracy and efficiency. This systematic theoretical exploration examines the application of biological detection technologies in food inspection, beginning with fundamental principles and classifications. The study categorizes these technologies into molecular biology techniques, immunoassay methods, and biosensor systems. It thoroughly analyzes their operational mechanisms and advantages in detecting food contaminants, microbial contamination, compositional analysis, and counterfeit identification. The research also identifies existing limitations in biological detection applications and explores future development trends.

Keywords

biological detection technology; food detection; food safety; molecular biology; immune detection

生物检测技术在食品检测中的应用研究

刘红梅

新疆生产建设兵团第一师食品药品检验所, 中国·新疆阿拉尔 843300

摘要

食品安全属于关系公众健康与社会稳定的重要议题范畴, 作为保障食品安全的关键一环是食品检测, 检测结果的精准程度和效率表现, 直接受其技术水平牵制。从理论高度, 系统探究生物检测技术在食品检测领域的应用情形, 一开始便阐述生物检测技术基本原理以及分类, 涉及到分子生物学技术、免疫检测技术以及生物传感器技术等类别; 认真剖析各类技术在食品污染物检测、微生物检测、成分分析和掺假鉴别等方面应用的机制与长处表现; 分析生物检测技术应用存在的不足及探究后续发展趋向。

关键词

生物检测技术; 食品检测; 食品安全; 分子生物学; 免疫检测

1 引言

食品作为人类存续与进步的根本物质支撑, 其安全性直接牵扯到人体健康水平, 甚至对公共卫生安全造成影响。伴随食品工业迅猛发展, 食品从生产、加工到流通的环节日益繁复, 食品安全风险因子增多, 像农药残留、兽药肆意滥用、微生物污染现象、非法添加剂投入、食品掺假等问题屡见不鲜。使传统食品检测技术面临严峻挑战, 如化学分析法、仪器分析法等传统检测手段, 曾在特定阶段起到关键作用, 只是具备操作繁杂琐碎、检测周期拖得长、灵敏度不够、依赖大型仪器等毛病, 难以符合现代食品安全迅速、精准检测的诉求。本文试图从理论维度系统厘清生物检测技术的种类、应用原理及发展态势, 为推动食品检测技术增进与食品安全保障体系健全给予借鉴。

【作者简介】刘红梅(1985-), 女, 中国河南罗山人, 本科, 实验师, 从事食品药品检验研究。

2 生物检测技术的基本原理与分类

2.1 分子生物学技术

分子生物学技术把核酸(DNA 或者 RNA)当作检测对象, 依靠核酸分子特异性识别和扩增这一原理, 实现对目标物质的甄别检测。核心原理是借助碱基互补配对这一原则, 采用设计特异性引物以及探针的方式, 跟目标核酸序列形成结合, 接着借助扩增、杂交等手段把信号增强, 借此实现微量核酸的测定工作。

常见分子生物学技术涉及聚合酶链式反应(PCR)、基因芯片、环介导等温扩增(LAMP)等相关技术, PCR技术凭借变性、退火、延伸的循环运转, 实现特定DNA片段在体外的快速扩增, 呈现出灵敏度高且特异性强的特质, 可检测食品中的病原体(如沙门氏菌、大肠杆菌等菌属)、转基因成分以及物种源性掺假现象, 基因芯片技术可把大量探针安置于芯片表面^[1]。

2.2 免疫检测技术

免疫检测技术以抗原与抗体特异性结合反应为基础,借助于标记物(像酶、荧光体、胶体金等)把结合信号转化为能检测到的物理或化学信号,实现对目标物质定性或定量的鉴别测定。核心原理为借助免疫系统里抗原和抗体具备的高度特异性识别本领,就算是面对复杂的食品基质,也能精准揪取目标分析物。

酶联免疫吸附测定(ELISA)算得上较为常用的免疫检测技术,凭借把抗原、抗体固定到固相载体的途径,借助酶催化底物所产生的显色强度反映目标物质含量,在食品的农药残留(诸如有机磷、拟除虫菊酯)、兽药残留(像抗生素、激素)和霉菌毒素(如黄曲霉毒素)检测方面应用广泛。抗体经胶体金免疫层析技术固定在试纸条里面,经由胶体金颗粒的显色反应达成快速的定性检测,存有操作便利、结果直观的长处,适合现场开展快速筛查活动。

2.3 生物传感器技术

生物传感器技术把生物识别元件(像酶、抗体、核酸、微生物等)跟物理化学换能器(如电极、光学器件、压电晶体等)相融合,把生物识别信号转变为可量化的电、光、声这几类信号的检测途径。其关键优势为可达成对目标物质的实时在线检测,而且响应速度较为快速,操作简单易行^[2]。

根据 transducer 类型,生物传感器可归为电化学生物传感器、光学生物传感器、压电生物传感器等范畴。电化学生物传感器利用生物识别反应引起的电极电位、电流方面的变化达成检测目的,如借助酶电极的葡萄糖传感器,可开展食品中糖类含量的检测,基于免疫电极设计的传感器可开展兽药残留的测定。

2.4 微生物检测技术

微生物检测技术主要针对食品当中的致病微生物(比如金黄色葡萄球菌、李斯特菌)、腐败菌以及益生菌等实施检测,该原理依托微生物生理特性(像代谢产物、生长特性)或遗传物质特异性。传统培养法虽精准但耗时偏久,现代微生物检测技术采用与分子生物学或免疫学方法相结合的方式,极大增进了检测速率。

ATP 生物发光技术是一种快速微生物检测方法,依靠荧光素酶对 ATP 和荧光素反应进行催化所产生的发光强度,反映出微生物数量,适用于开展食品加工环境卫生状况的监测。聚合酶链式反应-变性梯度凝胶电泳(PCR-DGGE)技术借助于分离不同微生物的 16S rRNA 基因片段达成操作,分析食品里微生物群落的结构体系,用以对食品腐败机制及保鲜效果加以评估^[3]。

3 生物检测技术在食品检测中的应用领域

3.1 污染物检测

进行农药残留检测的阶段,ELISA 技术依靠抗原与抗体呈现出的高度特异性结合,作为蔬菜、水果里有机磷、氨

基甲酸酯类农药检测的主流方式。例如,针对蔬菜中常见的毒死蜱农药,ELISA 检测试剂盒可实现的最低检测水平为 0.1ng/mL,每一次可处理多达 96 个样本,极大增进了检测效率。在实际运用场景里,即便样本中出现了多种干扰物质情形。该技术仍旧可以精准鉴别目标农药,为农产品入市前安全筛查提供可靠后盾,涉及到兽药残留检测,胶体金免疫层析技术借由快速便利的长处,在肉类监管进程中展现关键作用。对于猪肉中磺胺类药物检测一事举例,检测试纸条借助胶体金颗粒标记抗体与磺胺类药物特异性结合,10 到 15 分钟便可显示检测结果,基层监管人员不借助专业培训也能实施操作,切实控制了抗生素滥用情形。在重金属检测这个范畴,依靠核酸适配体的电化学传感器展示出卓越成效,好比在开展大米中镉离子检测之际,适配体与镉离子特异性结合会造成电极表面电荷的变动,凭借电化学信号实现转换,可实现低至 0.5ppb 的检测限,而且不受大米里像淀粉、蛋白质这类基质的干扰,为粮食安全检测供给了可信途径^[4]。

3.2 微生物检测

PCR 技术借助对目标微生物特定基因片段实施体外扩增,实现对致病菌高灵敏度的检测工作。以沙门氏菌检测一事为例,以其 invA 基因为靶点设计出的引物,能在 4 小时把微量 DNA 扩增达到可检测水平,纵使样本里仅仅有 5 个存活菌,也可精准探测到,能利用不同引物组合区分伤寒沙门氏菌、肠炎沙门氏菌等不同血清型,为疫情溯源给予关键证据。ATP 生物发光技术在食品加工环境检测领域应用极为普遍,若开展乳制品车间设备表面的检测工作,只需擦拭样本完成取样,再加入荧光素酶试剂,1 分钟之内,可凭借发光强度判别微生物污染程度,数值超出 100RLU,说明卫生情况存在潜在隐患,便于快速实施清洁与消毒行动。基因芯片技术实现了针对致病菌的高流量检测,某食品企业借助含 100 种致病菌特异性探针的芯片,可同时对肉类样本中的,如李斯特菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌等 10 余种致病菌进行筛选鉴定,检测时间经缩短后为 6 小时,比起传统培养法的 48 小时,时间利用效率大幅提高,极大提升了企业质量把控效率。

3.3 食品成分分析

在转基因食品检测领域,实时荧光 PCR 技术靠荧光信号的不断累积实时监测扩增过程,于检测转基因大豆内 CaMV 35S 启动子之际,可实现对 0.1% 转基因成分含量的定量测定,恰好符合欧盟 0.9% 标识阈值界限。此技术可精准辨别转基因与非转基因产品,还可借助标准曲线求出具体含量,为国际贸易里转基因监管供应技术支撑力。在食品过敏原检测的阶段,SPR 生物传感器在无标记物情形中,可实时开展抗原-抗体结合过程监测,检测牛奶内的 β -乳球蛋白的当口,响应的时间仅 10 分钟而已,检测的极限低至 0.1 μ g/kg,即便食品受高温加工影响蛋白变性,依旧可凭借特异性抗体实现识别,切实阻止过敏人群误食行为。对于营

营养成分分析,采用近红外光谱和葡萄糖氧化酶传感器的联用手段,可在3分钟里完成对蜂蜜内葡萄糖含量的测定事宜,无需做样品前期处理,此检测的误差小于2%界限,为食品营养标签的迅速查核提供高效的途径^[5]。

3.4 食品掺假检测

在实施肉类掺假检测之际,PCR技术针对各异物种的线粒体细胞色素b基因去设计特异性引物,可精准辨别牛肉、猪肉、羊肉等肉质。例如,在标注“纯羊肉”的样本里,哪怕添入1%的猪肉组分,该技术能借助对猪肉特有的基因片段的扩增来检出,切实抑制低价肉充作高价肉现象。蜂蜜掺假检测中,稳定同位素比值质谱跟蔗糖酶传感器联合起来,大幅提高了检测的精准度:前者经由分析蜂蜜里的碳同位素比值($\delta^{13}C$),确定是否添加了C4植物所来源的玉米糖浆,后者依靠检测蔗糖酶活性识别有无蔗糖添加,两种技术的结合使掺假识别率上升至98%以上。当进行乳制品掺假查证过程里,ELISA技术借助检测乳清蛋白里的 α -乳白蛋白特异性抗体,可判断牛奶是否掺入了大豆蛋白或乳清粉,其最低能检测到的限度是0.5%,为乳制品纯度判定提供了可靠途径,保证消费者对产品信息的知晓权不被侵犯。

4 生物检测技术的局限性与发展趋势

4.1 现存局限性

即便生物检测技术在食品检测方面优势相当突出,只是还存在一定的局限性。部分技术(以基因芯片、SPR传感器为例)成本超出一般水平,设备及试剂售价高昂,难以在中小型食品企业以及基层检测机构得到推广普及。技术稳定性受食品基质的影响程度十分可观,诸如油脂、色素、蛋白质这类复杂基质,或许会对抗原-抗体结合或核酸扩增造成干扰,引起检测结果为假阳性或假阴性现象,要依靠样品前处理(如净化、浓缩)来优化,只是会增加操作的繁杂度。

此外,部分快速检测技术(以胶体金试纸条为例)定量精准度不够理想,仅适合进行筛查,要联合仪器分析(像液相色谱-质谱之类)开展确证。针对微生物实施检测期间,死菌、活菌的区分难题尚未突破,ATP生物发光技术或因非微生物源ATP(像食品残渣)使结果呈偏高态势,新型污染物(如纳米材料、未知毒素)检测方法开发的进程滞后,现有的生物识别元件特异性未达要求,无法契合检测要求^[6]。

4.2 未来发展趋势

未来生物检测技术的演进方向是高灵敏度、强特异性,

走向快速、微型与智能。多技术联合运用是关键趋向,把免疫磁珠分离(来富集目标物质)与PCR(去扩增信号)搭配在一起,能让低浓度污染物的检出比率上升;实现生物传感器与智能手机的结合,利用手机APP对检测到的信号做分析,实现可携带实地检测功能,缓解对专业设备的依赖压力。

借助纳米技术的融合,可进一步增进检测性能,诸如纳米金、量子点等纳米材料充当标记物,能增强荧光以及电化学的相关信号,增进检测的灵敏度;纳米孔测序技术可不借助PCR扩增,直接开展DNA序列的读取工作,或许能实现单分子水平上的病原体检测。人工智能与大数据的应用也可推动食品检测步入智能化阶段,采用机器学习优化检测用模型,探究海量检测数据内涵,实现食品安全风险的精细预警。

5 结语

生物检测技术依仗高特异性、高灵敏度、既快速又高效等长处,已成为食品检测方面的核心支撑性手段,在污染物测定、微生物探查、成分分析和掺假判别等方面发挥着不可替代效能。分子生物学、免疫检测、生物传感器及微生物检测等技术各具特性,各自对应不同的检测情形,共同搭建起多维度的食品安全检测格局,当下生物检测技术依旧存在成本偏高、基质干扰以及定量精准度欠佳等状况,限制其应用的进一步发展。未来,凭借多技术联合实施、纳米材料融合、人工智能赋能及样品前处理技术提升,生物检测技术将做到更精准、快速、便利的检测实现,为食品安全监管提供更坚实的技术后盾。

参考文献

- [1] 贾子健.食品检测中现代生物技术的应用研究[J].食品安全导刊,2025,(21):147-150.
- [2] 孙小品.农药残留检测技术在食品检测中的应用[J].食品安全导刊,2025,(21):138-140.
- [3] 袁青.食品检测技术在农产品质量检测中的应用探讨[J].农业开发与装备,2025,(07):143-145.
- [4] 葛玲.PCR技术在食品工程安全检测中的应用研究[J].现代食品,2025,(10):176-178.
- [5] 黄平,张现童,裴锋,王焕芹.现代分析技术在食品添加剂检测中的应用[J].食品安全导刊,2025,(15):125-127.
- [6] 王焕芹,裴锋,黄平,张现童.食品检测技术在提升食品质量安全中的应用与展望[J].食品安全导刊,2025,(14):154-156.