

PCR 技术在食品工程安全检测中的应用研究

何明

深圳市鹏科检测有限公司，广东省深圳市，518000；

摘要：本研究围绕 PCR 技术在食品工程安全检测中的实践应用展开探讨。PCR 技术基于 DNA 双链复制原理，通过高温变性、低温退火和适温延伸的循环过程，实现目标 DNA 片段的指数级扩增，具有特异性强、灵敏度高、检测迅速等显著优势。在实际检测工作中，该技术已广泛应用于多个关键领域：在食品微生物检测环节，能够精准识别食源致病菌；针对转基因食品，可有效鉴定外源基因成分；面对日益受到关注的食品过敏原问题，也能快速检测出致敏原成分。然而，在实际应用过程中，PCR 技术也面临诸如样品前处理复杂、存在假阳性结果风险等挑战。本研究对这些问题进行深入剖析，并提出优化检测流程、改进实验条件等应对策略。研究证实，尽管存在局限性，PCR 技术凭借其独特优势，在保障食品安全领域仍具有巨大的发展潜力和广阔的应用前景。

关键词：PCR 技术；食品工程；安全检测；应用研究

DOI：10. 64216/3080-1508. 25. 05. 046

引言

食品安全与每个人的生命健康息息相关，而食品工程安全检测作为守护食品安全的关键防线，其重要性不言而喻。在科技日新月异的今天，各类先进检测技术层出不穷，为食品质量安全把控注入新动能。其中，聚合酶链式反应 PCR 技术自诞生以来，便凭借显著技术优势在食品工程安全检测领域崭露头角。这项技术以核酸序列为检测靶点，通过指数级扩增目标片段，实现微量核酸的高灵敏度、高特异性检测。无论是食品原料溯源，还是致病菌筛查、转基因成分鉴定，PCR 技术都能快速精准给出检测结果，为食品安全监管筑牢技术壁垒。系统探究 PCR 技术在食品检测中的应用实践，对于提升检测效能、完善食品安全保障体系，具有不可忽视的现实价值。

1 PCR 技术概述

1.1 PCR 技术原理

PCR 技术是一种体外核酸扩增技术，其基本原理类似于 DNA 的天然复制过程。它以 DNA 的半保留复制为基础，通过模拟细胞内 DNA 复制的条件，在体外对特定 DNA 片段进行大量扩增。PCR 反应体系主要包括模板 DNA、引物、脱氧核苷酸（dNTP）、DNA 聚合酶和缓冲液等。反应过程通常由变性、退火和延伸三个基本步骤组成。在变性阶段，通过加热使双链 DNA 模板解旋成为单链；退火阶段，引物与单链模板 DNA 的特定区域互补结合；延伸阶段，DNA 聚合酶以 dNTP 为原料，从引物的 3' 端开始，按照碱基互补配对原则合成新的 DNA 链。这三个步骤不断循环，每一轮循环都会使 DNA 片段的数量呈指

数级增长，经过数十轮循环后，即可将微量的目标 DNA 片段扩增到足够检测的水平。

1.2 PCR 技术特点

1.2.1 特异性强

PCR 技术精准识别目标 DNA 的能力，源于引物设计的精巧机制。作为依据目标基因序列定制的短链核酸分子，引物凭借碱基互补配对原则，像“分子钥匙”般精准锁定模板 DNA 的特定区域。这种严格的碱基配对规则，有效规避了非目标序列的扩增，确保只有靶标 DNA 片段在循环反应中被指数级复制。在食品检测领域，该特性被广泛应用于甄别特定微生物、转基因成分和过敏原，能够从复杂基质中准确揪出目标生物标识，为食品安全监管提供可靠依据^[1]。

1.2.2 灵敏度高

PCR 技术对痕量核酸的捕捉能力堪称“分子显微镜”。即使样本中目标 DNA 含量低至单拷贝水平，经过变性、退火、延伸的循环扩增，数以百万计的 DNA 拷贝将被合成，使原本难以检测的微量遗传物质转化为可识别的信号。这种指数级扩增效应，使其在检测食品中残留病原体、低丰度转基因片段时极具优势，能有效防范因微生物污染或转基因成分未达标引发的食品安全风险。

1.2.3 快速高效

PCR 反应通常可以在几个小时内完成，相比于传统的检测方法，如培养法等，大大缩短了检测时间。同时，PCR 技术可以同时多个样品进行检测，提高了检测效率，适用于大规模的食品工程安全检测^[2]。

1.2.4 操作简便

PCR 技术的操作相对简便，只需要将样品与反应体

系混合,放入 PCR 仪中,按照预设的程序进行扩增即可。随着自动化设备的发展,PCR 检测的操作更加便捷,减少了人为误差,提高了检测结果的可靠性。

2 PCR 技术在食品微生物检测中的应用

2.1 常见食源性致病菌检测

食源性致病菌是导致食品安全问题的重要因素之一,及时准确地检测出食品中的致病菌对于保障食品安全至关重要。PCR 技术在食源性致病菌检测方面具有独特的优势。例如,对于大肠杆菌 O157:H7 的检测,传统的培养方法需要较长的时间才能得到结果,而 PCR 技术可以通过扩增大肠杆菌 O157:H7 的特定基因片段,在短时间内准确地判断食品中是否存在该致病菌。同样,对于沙门氏菌、金黄色葡萄球菌等常见食源性致病菌,也可以利用 PCR 技术进行快速检测。通过设计针对这些致病菌的特异性引物,能够实现对食品中致病菌的高效、准确检测,为食品安全监管提供有力的技术支持。

2.2 病毒检测

除了细菌,病毒也是食品污染的重要来源之一。一些食源性病毒,如诺如病毒、甲型肝炎病毒等,能够引起严重的食源性疾病。由于病毒的培养和检测较为困难,传统的检测方法存在灵敏度低、检测时间长等问题。PCR 技术为食源性病毒的检测提供了有效的手段。通过提取食品样品中的病毒核酸,利用特异性引物进行 PCR 扩增,可以快速、灵敏地检测出食品中的病毒。例如,在贝类食品中检测诺如病毒时,PCR 技术能够准确地检测出病毒的存在,及时发现潜在的食品安全隐患^[3]。

2.3 真菌检测

真菌在食品中生长繁殖会产生毒素,如黄曲霉毒素等,这些毒素对人体健康具有严重的危害。PCR 技术可以用于检测食品中的真菌及其毒素产生基因。通过设计针对真菌特定基因的引物,能够检测出食品中是否存在特定的真菌种类。同时,对于一些能够产生毒素的真菌,还可以检测其毒素产生基因的表达情况,从而评估食品受真菌毒素污染的风险。例如,在谷物制品中检测黄曲霉时,PCR 技术可以快速准确地判断是否存在黄曲霉及其毒素产生基因,为保障食品质量安全提供重要依据。

3 PCR 技术在食品转基因成分检测中的应用

3.1 转基因食品的现状与检测需求

随着生物技术的发展,转基因食品在全球范围内得到了广泛的种植和应用。转基因食品的安全性一直是公众关注的焦点。为了保障消费者的知情权和选择权,对

转基因食品进行准确的检测具有重要意义。目前,市场上的转基因食品种类繁多,包括转基因大豆、玉米、油菜等。这些转基因食品可能含有外源基因及其表达产物,需要通过有效的检测方法来确定其是否含有转基因成分以及转基因成分的含量。

3.2 PCR 技术在转基因成分检测中的具体应用

PCR 技术是目前检测转基因食品中最常用的方法之一。根据转基因作物中导入的外源基因序列,设计特异性引物,通过 PCR 扩增可以检测出食品中是否含有转基因成分。例如,对于转基因大豆的检测,可以针对其转入的抗除草剂基因或抗虫基因设计引物,进行 PCR 扩增。如果样品中含有相应的转基因成分,就会扩增出特定的 DNA 片段,通过凝胶电泳等方法可以对扩增产物进行检测和分析。此外,PCR 技术还可以用于定量检测转基因成分的含量,通过实时荧光定量 PCR 技术,可以准确地测定食品中转基因成分的拷贝数,为转基因食品的标识和监管提供科学依据^[4]。

3.3 检测方法的优化与改进

为了提高 PCR 技术在转基因成分检测中的准确性和灵敏度,需要不断对检测方法进行优化和改进。例如,优化引物设计,提高引物的特异性和亲和力,减少非特异性扩增的干扰;改进核酸提取方法,提高核酸提取的质量和效率,确保能够从复杂的食品样品中提取到高质量的 DNA;采用多重 PCR 技术,同时检测多个转基因目标序列,提高检测效率。此外,还可以结合其他技术,如基因芯片技术等,实现对转基因成分的高通量检测。

4 PCR 技术在食品过敏原检测中的应用

4.1 食品过敏原的危害与检测意义

食品过敏原是指能够引起人体过敏反应的食品成分,常见的食品过敏原包括牛奶、鸡蛋、花生、大豆等。对于过敏体质的人群来说,食用含有过敏原的食品可能会引发严重的过敏反应,甚至危及生命。因此,准确检测食品中的过敏原,对于保障过敏人群的食品安全至关重要。同时,食品生产企业也需要对产品中的过敏原进行检测和标识,以满足消费者的需求和遵守相关法规要求。

4.2 PCR 技术在食品过敏原检测中的优势与应用实例

PCR 技术在食品过敏原检测中具有诸多优势。它能够检测到食品中微量的过敏原核酸,灵敏度高;可以针对不同的过敏原设计特异性引物,特异性强;检测速度

快,能够在短时间内得到检测结果。例如,在检测食品中的花生过敏原时,可以提取食品样品中的DNA,利用针对花生过敏原基因的特异性引物进行PCR扩增,通过检测扩增产物来判断食品中是否含有花生过敏原。同样,对于牛奶、鸡蛋等过敏原的检测,也可以采用类似的方法。

4.3 与其他检测方法的比较与联合应用

与传统的免疫检测方法相比,PCR技术在食品过敏原检测中具有更高的灵敏度和特异性。免疫检测方法主要是通过检测过敏原蛋白来判断食品中是否含有过敏原,但蛋白质在加工过程中可能会发生变性,导致检测结果不准确。而PCR技术检测的是过敏原的核酸,不受蛋白质变性的影响,能够更准确地检测出食品中的过敏原。同时,为了提高检测的准确性和可靠性,可以将PCR技术与免疫检测方法联合应用。例如,先用免疫检测方法进行初步筛选,再用PCR技术进行确认,这样可以充分发挥两种方法的优势,提高检测效率和准确性。

5 PCR技术在食品工程安全检测中面临的问题及解决策略

5.1 假阳性与假阴性问题

在PCR检测过程中,假阳性和假阴性问题是比较常见的。假阳性是指检测结果显示样品中含有目标成分,但实际上样品中并不存在;假阴性则是指样品中含有目标成分,但检测结果却显示为阴性。假阳性问题可能是由于引物的非特异性结合、样品污染等原因导致的;假阴性问题可能是由于核酸提取不完全、PCR反应体系受到抑制等原因引起的。为了解决这些问题,需要优化引物设计,提高引物的特异性;加强样品处理过程中的质量控制,避免样品污染;优化PCR反应体系,提高反应的灵敏度和稳定性。

5.2 检测成本与效率问题

PCR检测需要使用专门的仪器设备和试剂,检测成本相对较高。同时,检测过程中需要进行核酸提取、PCR扩增、产物检测等多个步骤,操作较为繁琐,检测效率有待提高。为了降低检测成本,可以开发低成本的试剂和耗材,优化检测流程,减少不必要的检测步骤。提高检测效率可以采用自动化设备,实现核酸提取、PCR扩增和产物检测的一体化操作,减少人工操作时间和误差。

5.3 标准与规范问题

目前,PCR技术在食品工程安全检测中的标准和规

范还不够完善。不同的检测机构和实验室可能采用不同的检测方法和标准,导致检测结果缺乏可比性。为了提高检测结果的准确性和可靠性,需要建立统一的检测标准和规范,明确检测方法、试剂选择、质量控制等方面的要求。同时,加强对检测机构和实验室的监管,确保其按照标准和规范进行检测操作。

6 结论与展望

6.1 研究结论

综上所述,PCR技术凭借其特异性强、灵敏度高、快速高效等优势,在食品工程安全检测中发挥了重要作用。它在食品微生物检测、转基因成分检测、食品过敏原检测等方面都具有广泛的应用前景。然而,该技术在实际应用中 also 面临着一些问题,如假阳性与假阴性问题、检测成本与效率问题以及标准与规范问题等。通过不断优化检测方法、加强质量控制和建立统一的标准规范,可以逐步解决这些问题,提高PCR技术在食品工程安全检测中的应用效果。

6.2 研究展望

未来,随着科技的不断发展,PCR技术在食品工程安全检测中的应用将更加广泛和深入。一方面,PCR技术将不断与其他技术相结合,如纳米技术、生物传感器技术等,开发出更加灵敏、快速、便捷的检测方法。另一方面,随着大数据和人工智能技术的发展,PCR检测数据的分析和处理将更加智能化,能够更好地为食品安全决策提供支持。同时,随着人们对食品安全关注度的不断提高,对PCR技术的需求也将不断增加,推动PCR技术在食品工程安全检测领域不断创新和发展。

参考文献

- [1] 赵雨婷. 食品检测关键控制环节的风险防控与质量保障措施研究[J]. 现代食品, 2025, (09): 164-167.
- [2] 王志伟, 李洋, 次晓娟. 食品加工中微生物控制及其安全检验的探讨[J]. 中外食品工业, 2024, (21): 18-20.
- [3] 周晓红, 李晖, 杨杏芬. 食品中诺如病毒RT-PCR检测技术研究进展[J]. 国外医学(卫生学分册), 2009, 36(04): 234-238.
- [4] 顾晶晶, 张亮. 探究PCR技术在食品检测中的应用[J]. 食品安全导刊, 2022, (05): 153-155.

作者简介: 何明, 1987/02/18, 男, 汉, 湖北, 本科, 助理工程, 食品工程。