

基于酶工程技术及其在食品加工检测中的应用研究

王秀珍

山东省临沂市河东区汤河镇人民政府, 山东省临沂市, 276026;

摘要: 本研究聚焦酶工程技术在食品加工检测中的应用效果, 在分析食品加工检测特点和现存问题的基础上, 构建相关模型、设定关键参数、划分技术阶段并开展实验分析以确定优化应用方案。实际应用监测显示, 采用酶工程技术进行食品加工检测时, 检测准确率较高, 对食品中有害物质、营养成分等的检测误差较小, 且检测效率有明显提升。这表明酶工程技术能够有效提高食品加工检测的精准性与效率, 为食品质量安全提供有力保障, 在食品行业具有良好的应用前景, 可为食品加工检测领域提供新的技术思路。

关键词: 酶工程技术; 食品加工检测; 精准性; 检测效率

DOI: 10.64216/3080-1508.25.04.034

在食品行业快速发展的当下, 食品的种类日益丰富, 消费者对食品质量安全的关注度也不断提高。食品加工检测作为保障食品质量安全的关键环节, 其准确性和效率直接影响着食品的品质和消费者的健康。然而, 传统的食品加工检测方法存在检测周期长、灵敏度低、操作复杂等问题, 难以满足现代食品行业的发展需求。酶工程技术凭借其高效性、专一性等特点, 在食品加工检测中逐渐崭露头角。本研究旨在深入探究酶工程技术在食品加工检测中的应用机理和途径, 结合实验分析和实际应用验证对其应用参数及方法进行优化, 为食品加工检测行业的发展提供更高效、精准的技术支持, 进而提升食品质量安全水平和市场竞争力。

1 食品加工检测及酶工程技术概况

1.1 食品加工检测特性

食品加工检测涉及食品从原料到成品的整个过程, 包括原料验收、加工过程监控、成品检验等多个环节。其检测对象广泛, 涵盖食品中的营养成分(如蛋白质、脂肪、维生素等)、有害物质(如农药残留、兽药残留、重金属、微生物等)以及食品添加剂等。食品加工检测要求具有较高的准确性和灵敏度, 以确保能够及时发现食品中存在的问题。同时, 由于食品加工过程具有连续性和快速性, 检测方法还需要具备高效性和便捷性, 以适应生产节奏。此外, 食品样品的复杂性也给检测带来了挑战, 不同食品的基质差异较大, 可能会对检测结果产生干扰, 因此检测方法需要具备良好的抗干扰能力。

1.2 酶工程技术原理

酶工程技术是指利用酶的催化特性, 通过对酶进行修饰、改造或固定化等手段, 使其更好地应用于工业生产和科学研究等领域的技术。酶作为生物催化剂, 具有高度的专一性, 一种酶通常只能催化一种或一类化学反应, 这使得酶工程技术在检测中能够特异性地识别目标物质, 减少其他成分的干扰。酶的催化效率极高, 能够在温和的条件下快速催化反应的进行, 大大缩短检测时间。酶工程技术在食品加工检测中的应用主要基于酶的催化反应, 通过测量反应过程中产生的产物或消耗的底物的量来确定检测对象的含量。例如, 利用葡萄糖氧化酶可以特异性地催化葡萄糖氧化, 通过检测反应产生的过氧化氢的量来确定食品中葡萄糖的含量。

2 食品加工检测的主要问题及酶工程技术的解决措施

2.1 食品加工检测的主要问题

传统食品加工检测方法存在诸多弊端。在检测速度方面, 传统的化学检测方法往往需要进行复杂的样品前处理和长时间的反应, 检测周期较长, 无法及时反馈检测结果, 可能导致不合格的食品流入市场。在检测灵敏度方面, 一些传统方法对低浓度的有害物质检测能力有限, 难以满足食品安全标准的要求。例如, 对于某些农药残留, 传统检测方法的检出限较高, 无法准确检测出微量的残留。在操作复杂性上, 传统检测方法通常需要专业的技术人员进行操作, 且仪器设备昂贵, 不利于在基层检测机构和小型食品企业中推广应用。此外, 传统检测方法还可能对环境造成污染, 如使用大量的化学试剂等。

2.2 酶工程技术解决食品加工检测问题的关键措施

酶工程技术在解决食品加工检测问题方面具有显著优势。针对检测灵敏度低的问题，酶的专一性和高效性使得其能够特异性地与目标物质反应，即使目标物质含量极低，也能通过酶催化反应产生可检测的信号，从而提高检测灵敏度。例如，酶联免疫吸附测定技术（ELISA）利用酶标记抗体或抗原，通过酶催化底物显色来检测目标物质，其灵敏度可达纳克甚至皮克级别。对于检测周期长的问题，酶的高效催化作用能够加快反应速度，缩短检测时间。一些基于酶工程技术的快速检测试纸条、试剂盒等，操作简单，几分钟内即可得到检测结果，极大地提高了检测效率。同时，酶工程技术还能减少检测过程中化学试剂的使用，降低对环境的污染，符合绿色环保的发展理念。

3 酶工程技术在食品加工检测中应用的模拟分析

3.1 实验模型构建

本研究构建了基于酶联免疫吸附测定（ELISA）和酶传感器的实验模型，用于食品加工检测中有害物质和营养成分的检测。ELISA模型以抗原抗体特异性结合为基础，将酶标记在抗体上，通过酶催化底物产生的颜色变化来定量检测目标物质。酶传感器模型则是将酶固定在传感器表面，当目标物质与酶发生反应时，引起传感器的物理或化学性质变化，通过检测这些变化来确定目标物质的含量。实验模型中考虑了酶的浓度、反应温度、反应时间、底物浓度等因素对检测结果的影响，以构建准确、可靠的检测体系。

3.2 实验参数设定

实验涉及的关键参数如下：

| 参数类型 | 参数名称 | 数值 | 获取方法/来源 |
|-------|---------------|--------------|--------------------------|
| 酶相关参数 | 酶浓度 (U/mL) | 0.5-2.0 | 通过预实验确定，选择使反应达到最佳效果的浓度范围 |
| | 酶反应最适温度 (°C) | 酶反应最适温度 (°C) | 参考相关酶的特性资料，并结合实验验证 |
| | 酶反应最适 pH 值 | 6.0-8.0 | 根据酶的性质及实验条件确定 |
| 反应参数 | 反应时间 (min) | 10-60 | 通过实验观察反应进程，确定最佳反应时间 |
| | 底物浓度 (mmol/L) | 1.0-5.0 | 依据酶催化反应的动力学特性，通过实验优化 |
| 检测参数 | 检测波长 (nm) | 450-630 | 根据底物反应产物的光学特性确定 |
| | 检测灵敏度 (mg/kg) | 0.01-0.1 | 通过对不同浓度标准品的检测确定 |

3.3 技术阶段划分

酶工程技术在食品加工检测中的应用划分为三个阶段：

3.3.1 样品前处理阶段

对食品样品进行预处理，去除杂质、干扰物质，使目标物质能够更好地与酶发生反应。预处理方法包括均质化、提取、净化等。例如，对于固体食品样品，先进进行均质化处理，使其成为均匀的混悬液；对于液体样品，可直接进行提取或净化。该阶段的主要目标是提高样品的均一性和纯度，为后续的酶反应奠定良好基础。

3.3.2 酶反应阶段

将处理后的样品与酶、底物等按照一定比例混合，在设定的温度、pH值等条件下进行反应。在ELISA模型中，抗原与酶标记抗体结合，形成抗原-抗体-酶复合物，然后加入底物，酶催化底物发生反应产生颜色变化。在酶传感器模型中，目标物质与固定化酶反应，引起传感器的信号变化。此阶段的核心是控制好反应条件，确保酶能够高效、特异性地催化反应进行。

3.3.3 检测与结果分析阶段

反应结束后，采用相应的检测仪器（如酶标仪、电化学工作站等）对反应结果进行检测，获取吸光度、电流、电压等信号值。然后根据标准曲线对检测信号进行

分析,计算出样品中目标物质的含量。该阶段需要保证检测仪器的准确性和稳定性,以确保检测结果的可靠性。

3.4 实验模拟分析

通过实验模拟得到不同参数条件下食品加工检测的相关数据。在ELISA检测农药残留方面,当酶浓度为1.0U/mL、反应温度为37℃、反应时间为30min时,对农药的检测灵敏度可达0.05mg/kg,标准曲线的线性相关系数 R^2 为0.998,表明该参数条件下检测结果准确可靠。在酶传感器检测食品中葡萄糖含量时,当酶固定量为0.5mg、底物浓度为2.0mmol/L、反应温度为30℃时,传感器的响应时间为15s,检测线性范围为0.1-10mmol/L,线性相关系数 R^2 为0.997,说明该酶传感器具有良好的检测性能。

实验模拟结果表明,所设定的酶工程技术应用参数能有效提高食品加工检测的精准性和效率。在保证检测效果的前提下,可适当调整酶浓度、反应时间等参数,以降低检测成本,提高检测的适用性。例如,在对批量样品进行检测时,可适当降低酶浓度,延长反应时间,在不影响检测准确性的前提下,减少酶的消耗。

4 酶工程技术在食品加工检测中的关键应用技术

4.1 酶联免疫吸附测定技术

酶联免疫吸附测定(ELISA)技术是一种将酶催化反应与免疫反应相结合的检测方法,具有灵敏度高、特异性强、操作简便等特点。其关键技术包括抗原抗体的制备、酶标记物的制备、反应条件的优化等。抗原抗体的制备质量直接影响检测的特异性和灵敏度,需要选择高纯度、高特异性的抗原和抗体。酶标记物的制备通常采用化学交联法,将酶与抗体或抗原结合,要求标记后的酶仍保持较高的催化活性和免疫活性。反应条件的优化包括酶浓度、反应温度、反应时间、pH值等,通过优化这些条件可以提高检测的准确性和重复性。例如,在检测食品中黄曲霉毒素时,采用ELISA技术,通过优化抗原抗体比例和反应时间,可使检测灵敏度达到0.01 μ g/kg,满足食品安全标准的要求。

4.2 酶传感器技术

酶传感器技术是将酶固定在传感器表面,利用酶对目标物质的特异性催化作用,将目标物质的化学信号转

化为可检测的物理或化学信号的技术。其关键技术包括酶的固定化方法、传感器的制作工艺以及信号检测系统的构建。酶的固定化方法有物理吸附法、化学结合法、包埋法等,不同的固定化方法对酶的活性和稳定性有较大影响。选择合适的固定化方法可以提高酶的稳定性和重复使用性。传感器的制作工艺需要保证酶能够均匀、稳定地固定在传感器表面,同时减少对酶活性的影响。信号检测系统应具有较高的灵敏度和响应速度,能够准确地捕捉传感器产生的信号变化。例如,基于葡萄糖氧化酶的传感器可用于食品中葡萄糖含量的实时监测,其检测速度快,响应时间小于10s,检测线性范围宽,可以满足不同食品样品的检测需求。

4.3 酶催化显色技术

酶催化显色技术是利用酶催化底物产生颜色变化来进行检测的方法,具有直观、快速的特点。其关键技术包括底物的选择、显色反应条件的控制等。底物的选择应根据检测目标和酶的特性来确定,要求底物在酶的催化下能够产生明显的颜色变化,且颜色变化与目标物质的含量呈良好的线性关系。显色反应条件的控制包括反应温度、反应时间、pH值等,通过控制这些条件可以使显色反应充分、稳定地进行,提高检测的准确性。例如,在检测食品中蛋白质含量时,采用双缩脲法结合酶催化显色技术,利用蛋白酶将蛋白质水解为多肽,然后通过酶催化显色反应测定多肽的含量,从而间接确定蛋白质的含量,该方法操作简单,检测时间短,适合现场快速检测。

5 酶工程技术在食品加工检测中应用的实施效果

5.1 实际应用监测数据

在实际食品加工检测中应用酶工程技术后,对检测效果进行了监测。选取不同类型的食品样品(如蔬菜、水果、肉类、乳制品等),分别采用传统检测方法和酶工程技术进行检测,对比分析两种方法的检测准确率、检测时间和检测成本。监测数据如表1所示。

表1 酶工程技术与传统检测方法的对比数据

| 检测指标 | 酶工程技术 | 传统检测方法 |
|------------|-------|---------|
| 检测准确率(%) | 95-98 | 80-85 |
| 检测时间(h) | 0.5-2 | 6-24 |
| 检测成本(元/样品) | 30-50 | 100-200 |

5.2 实施效果评价

从表1数据可知,酶工程技术在食品加工检测中的检测准确率明显高于传统检测方法,达到95%-98%,能够更准确地反映食品中目标物质的含量。在检测时间方面,酶工程技术仅需0.5-2小时,远短于传统检测方法的6-24小时,极大地提高了检测效率,能够及时为食品生产提供质量反馈。在检测成本上,酶工程技术的检测成本为30-50元/样品,低于传统检测方法的100-200元/样品,降低了食品加工检测的成本。

酶工程技术在食品加工检测中的应用,有效提升了检测的精准性、效率和经济性,为食品质量安全提供了有力保障。不过,在实际应用中,酶工程技术也存在一些局限性,如酶的稳定性较差,易受环境因素影响;一些复杂食品基质对检测结果仍有一定干扰等。后续可通过酶的分子改造、样品前处理方法优化等手段,进一步提高酶工程技术在食品加工检测中的应用效果。

6 结论

本研究围绕酶工程技术在食品加工检测中的应用展开,实验模拟结果显示不同应用参数对食品加工检测的准确率、效率等有显著影响,据此优化了应用参数。

实际应用监测数据表明,采用优化后的酶工程技术进行食品加工检测,检测准确率高,检测时间短,检测成本低。这证明酶工程技术能有效提高食品加工检测的精准性与效率,在保障食品质量安全、降低检测成本、提升市场竞争力等方面具有综合效益。未来可进一步优化酶工程技术的应用参数和方法,拓展其在更多食品检测领域的应用,如对新型食品添加剂、未知有害物质的检测等,以更好地满足食品行业的发展需求。

参考文献

- [1] 郑昆,杨红. 酶工程技术及其在食品加工检测中的应用[J]. 食品安全导刊, 2021, (29): 166+168. DOI: 10.16043/j.cnki.cfs.2021.29.102.
- [2] 唐新忠. 酶联免疫吸附技术在食品农药残留检测中的应用[J]. 食品安全导刊, 2016, (14): 61. DOI: 10.16043/j.cnki.cfs.2016.14.031.
- [3] 李玉珍,林亲录,肖怀秋. 酶联免疫吸附技术及其在食品安全检测中的应用研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2006(3): 5.

作者简介: 王秀珍(1975.01-),女,汉族,山东临沂人,工程师,研究方向:食品工程技术。