

粮油产品真菌毒素检测技术的应用讨论

赵琪琪

新疆维吾尔自治区粮油产品质量监督检验站 新疆乌鲁木齐 830000

摘要: 粮油产品在日常生活中占据重要地位,但其易受到真菌毒素污染,导致质量下降和存在健康风险。因此,准确有效的真菌毒素检测技术显得尤为关键。概述真菌毒素的定义、种类及其对粮油产品的影响,然后介绍当前主要的真菌毒素检测技术,包括传统检测方法(如薄层色谱法、高效液相色谱法和气相色谱法)、现代检测方法(如免疫分析技术、分子生物学技术和质谱分析)以及新兴检测技术(如纳米材料技术和光谱分析技术)。基于此,本文首先阐述了粮油产品真菌毒素检测的关键技术及其应用现状,其次总结了检测技术的发展趋势和应用前景,以供参考。
关键词: 粮油产品;真菌毒素;检测技术;薄层色谱

引言

粮油产品作为人类日常饮食的基础,具有不可替代的重要性。这些产品是人们日常能量和营养的重要来源,而且在全球粮食贸易中也占据着举足轻重的地位。由于其生长、储存和运输过程中易受环境影响,粮油产品往往会受到真菌的侵害,进而导致真菌毒素的污染。真菌毒素是一类由霉菌产生的次级代谢产物,具有极强的毒性和致病性,对人类健康构成严重威胁。

受污染的粮油产品不仅营养价值降低,而且会带来严重的健康问题,包括肝癌、肾毒性、免疫抑制等多种疾病。尤其是黄曲霉毒素、赭曲霉毒素等真菌毒素,因其强致癌性和高毒性,更是被国际癌症研究机构列为人类致癌物质。真菌毒素的检测和控制成为粮油产品质量管理中的重要环节。

随着检测技术的不断进步,许多高效、灵敏的检测方法被开发出来,如薄层色谱法、高效液相色谱法、免疫分析技术和分子生物学技术等。不同检测技术在实际应用中存在各自的优缺点,要根据具体情况选择合适的方法。全面了解和应用这些检测技术,提升粮油产品的安全性和质量控制水平,保障消费者的健康。

研究真菌毒素检测技术的目的在于找到更加准确、快速、可靠的检测手段,及时发现和处理粮油产品中的真菌毒素污染,降低其对人类健康的危害。了解检测技术的最新进展,有助于推动技术的创新和改进,提升粮油产品的整体安全管理水平。

作者简介: 赵琪琪(1990-09),男,汉族,新疆,硕士研究生,中级工程师,现主要从事粮油产品检验工作。

一、真菌毒素概述

(一) 真菌毒素的定义及分类

真菌毒素是由某些霉菌在特定条件下产生的一类有毒次级代谢产物。这些霉菌广泛存在于自然界中,在粮油产品的生长、储存和加工过程中,真菌毒素的产生不可避免。

黄曲霉毒素通常存在于玉米、花生、大米和坚果等粮油产品中。黄曲霉毒素具有强致癌性,被认为是导致肝癌的重要因素之一。赭曲霉毒素主要由赭曲霉和青霉属霉菌产生,常见于咖啡豆、葡萄干、小麦等产品中,具有肾毒性和免疫抑制作用。伏马菌素是由串珠镰刀菌产生的毒素,广泛存在于玉米及其制品中,对肝脏和肾脏有毒性作用,还可能影响神经系统。展青霉素则主要由展青霉产生,存在于各种水果、谷物和发酵食品中,对肾脏和肝脏有潜在的毒性影响。脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)是粮食中最常见的真菌毒素之一,主要由禾谷镰刀菌等霉菌产生。它广泛存在于小麦、大麦、玉米等谷物中。DON对人体健康有显著影响,能够引起呕吐、腹泻、食欲不振等急性中毒症状,还会导致免疫功能下降和生长发育障碍。长期摄入含有DON的食品可能对肝脏和肾脏造成损害。

(二) 真菌毒素的生成条件

在环境因素方面,温度和湿度是影响真菌生长和毒素产生的关键。高温高湿的条件有利于霉菌繁殖,从而增加真菌毒素的产生风险。储存条件也对真菌毒素的产生有重要影响。如果粮油产品在储存过程中受潮或通风不良,霉菌就会迅速繁殖并产生毒素。生产过程中的卫生条件和加工工艺也会影响真菌毒素的产生。例如,未充分干燥的粮油产品在加工和储存过程中容易受霉菌污

染, 导致真菌毒素的产生。

(三) 真菌毒素对粮油产品的影响

真菌毒素污染会导致产品质量下降, 包括外观、口感和营养价值的劣化。受污染的粮油产品往往会出现霉变、变色和异味, 从而降低其市场价值和消费安全性。更为严重的是, 真菌毒素对人类健康的危害巨大。长期摄入含有真菌毒素的粮油产品会导致各种慢性疾病, 包括肝癌、肾损伤、免疫系统抑制和神经系统损害等。黄曲霉毒素已被国际癌症研究机构列为一级致癌物质, 赭曲霉毒素则与慢性肾病和免疫抑制相关。

(四) 应对措施

了解真菌毒素的生成条件, 有助于在生产和储存过程中采取预防措施, 如保持低温干燥的储存环境, 改进通风设施, 及提高生产加工过程中的卫生水平。利用现代检测技术, 及时发现和处理受污染的粮油产品, 有效减少真菌毒素对人类健康的危害。

二、粮油产品中真菌毒素检测技术

(一) 传统检测方法

薄层色谱法 (TLC) 是一种经典的分离分析技术, 广泛应用于真菌毒素的初步筛查。该方法通过在固定相上的吸附和流动相的溶解作用, 分离出不同的化合物。TLC具有操作简单、成本低廉的特点, 适合于大规模样品的初筛。其分辨率和灵敏度相对较低, 要进一步的确认检测。

高效液相色谱法 (HPLC) 是另一种常用的检测方法, 利用高压泵将液体流动相输送到装有固定相的色谱柱中, 以分离和分析样品中的化合物。HPLC具有高分辨率、高灵敏度和高重复性的优点, 准确检测多种真菌毒素。HPLC设备昂贵, 操作复杂, 需专业技术人员进行操作和维护^[1]。

气相色谱法 (GC) 则通过气体流动相将样品带入色谱柱, 在高温下分离化合物。GC特别适用于检测挥发性和半挥发性的真菌毒素。其高灵敏度和快速分析能力使其在粮油产品检测中得到广泛应用。但GC对样品前处理要求较高, 不适合检测非挥发性的大分子化合物。

(二) 现代检测方法

免疫分析技术 (ELISA) 通过抗原抗体反应, 利用酶标记的抗体进行显色反应, 实现真菌毒素的定量检测。ELISA具有高灵敏度、特异性强、操作简便等优点, 适用于大批量样品的快速筛查。但其定量精度受限, 存在假阳性或假阴性结果, 要结合其他方法进行确认。

分子生物学技术 (PCR) 通过扩增真菌毒素产生菌的特异性DNA序列, 实现对真菌毒素的间接检测。PCR方法的灵敏度和特异性极高, 能够检测出极微量的目标

DNA。PCR对实验环境要求严格, 易受污染, 且需要专业实验设备和技术人员。

质谱分析 (MS) 是一种高灵敏度、高分辨率的检测技术, 能够提供样品中化合物的分子量和结构信息。在真菌毒素检测中, 质谱分析常与色谱技术 (如HPLC或GC) 联用, 组成联用技术 (如LC-MS或GC-MS), 提高检测的准确性和灵敏度。质谱分析可以准确识别和定量多种真菌毒素, 其设备昂贵, 操作复杂, 适用于高要求的实验室分析^[2]。

(三) 新兴检测技术

纳米材料具有比表面积大、表面活性高、灵敏度高等特点, 其在检测过程中能够显著提高灵敏度和检测限。纳米金、纳米银和碳纳米管等材料常被用于构建高效的传感器, 与真菌毒素特异性结合, 实现快速、准确的检测。例如, 纳米金标记的抗体与真菌毒素特异性结合, 形成可检测的信号变化, 实现快速定量检测。纳米材料技术提高了检测的灵敏度和特异性, 还具有操作简便、响应速度快的优点。纳米材料的制备成本较高, 技术复杂度较高, 要进一步研究和优化以降低成本和提高实用性。

近红外光谱通过检测样品在近红外光区的吸收光谱, 分析其分子结构和成分。NIR技术具有快速、非破坏性、无需样品前处理等优点, 适用于大规模筛查和实时监控。NIR光谱的分辨率和灵敏度相对较低, 难以检测低浓度的真菌毒素, 通常需要结合其他方法进行确认。拉曼光谱则通过测量样品在激光照射下散射光的频移, 获得分子振动信息。拉曼光谱技术具有高分辨率、高灵敏度和特异性强的优点, 能够准确检测和定量多种真菌毒素。拉曼光谱对样品的荧光干扰敏感, 且设备昂贵、操作复杂, 限制了其在实际中的广泛应用。

(四) 不同检测技术的优缺点对比

传统的薄层色谱法 (TLC)、高效液相色谱法 (HPLC) 和气相色谱法 (GC) 具有较高的分辨率和灵敏度, 但操作复杂, 设备成本高, 适合于实验室分析。现代检测方法如免疫分析技术 (ELISA) 和分子生物学技术 (PCR) 具有高灵敏度和特异性, 操作相对简便, 但也需要一定的专业知识和设备。质谱分析 (MS) 结合色谱技术后, 灵敏度和特异性进一步提高, 但设备昂贵, 操作复杂, 适用于高精度需求的检测^[3]。

纳米材料技术灵敏度高、响应快速, 但制备和应用成本较高。光谱分析技术特别是近红外光谱, 具有快速、非破坏性检测的特点, 适合大规模筛查; 拉曼光谱则提供了高分辨率和高灵敏度, 但在实际应用中受到设备成本和样品荧光干扰的限制。

在实际应用中, 选择合适的检测技术需要综合考虑

灵敏度、特异性、操作简便性和检测成本等因素。对于大规模初筛和实时监控，光谱分析技术和纳米材料技术具有独特优势；对于高精度、低浓度的真菌毒素检测，传统色谱法和质谱分析仍然是不可或缺的手段。结合多种检测技术，发挥各自优势，提高粮油产品中真菌毒素检测的效率和准确性，保障食品安全。

三、粮油产品真菌毒素检测技术的应用案例

(一) 国内外研究现状

全球范围内，科学家们不断开发和优化各种检测技术，以提高检测精度、降低检测成本，保证粮油产品的安全性。不同的检测技术在实际应用中展现出各自的优势和局限性。

在国内，粮油产品真菌毒素检测的研究主要集中在黄曲霉毒素和赭曲霉毒素的检测上。近年来，许多研究机构 and 高校开发了高效液相色谱法（HPLC）、酶联免疫吸附试验（ELISA）和分子生物学技术（PCR）等多种检测方法。例如，中国农业科学院开发了一种基于HPLC的黄曲霉毒素快速检测方法，优化色谱条件，提高了检测灵敏度和精度。北京大学的研究团队利用纳米材料技术开发了一种高灵敏度的黄曲霉毒素传感器，实现了快速、准确的检测。

美国食品药品监督管理局（FDA）和欧洲食品安全局（EFSA）均制定了严格的真菌毒素检测标准，并积极推动检测技术的研发和应用。美国康奈尔大学的研究团队开发了一种基于拉曼光谱的真菌毒素检测方法，优化光谱仪器和数据处理算法，实现了高灵敏度和高特异性的检测。德国马克斯普朗克研究所则利用质谱分析技术（MS）和高效液相色谱联用（LC-MS），开发了一种多真菌毒素同时检测的方法，大大提高了检测效率^[4]。

(二) 应用中的问题与挑战

检测精度是确保粮油产品安全的关键，但不同技术在检测低浓度真菌毒素时，灵敏度和特异性存在差异，要根据具体情况选择合适的方法。样品处理是检测过程中的重要环节，复杂的样品处理过程增加了检测时间和成本，还可能引入误差。自动化样品处理设备和简化的样品处理流程是未来研究的重点。检测成本直接影响技术的普及应用，高昂的设备和试剂成本限制了部分技术的广泛使用。技术创新和优化，能有效降低检测成本，如开发低成本的传感器和试剂，采用模块化和智能化设计等。

四、粮油产品真菌毒素检测技术的发展趋势与前景

(一) 技术发展的方向

随着科学技术的不断进步，新的检测材料和技术不断涌现，检测方法更加灵敏、高效和经济。在未来的发展中，新材料的应用，如纳米材料和新型传感器，将提

高检测的灵敏度和特异性。新技术的引入，如人工智能和大数据分析，将优化检测过程，提高检测的准确性和可靠性。

自动化系统能够显著提高检测效率，减少人为误差，实现大规模样品的快速筛查。结合机器人技术和智能化控制系统，自动化检测平台实现样品的自动处理、检测 and 数据分析，提升检测工作的效率和准确性。未来，自动化检测系统将在粮油产品的生产和质量控制中发挥越来越重要的作用。

(二) 政策与行业规范

国家和行业机构不断出台和更新真菌毒素检测的标准和规范，明确检测的技术要求和质量控制标准。这些标准和规范为检测技术的研发和应用提供了指导，企业和研究机构不断改进检测方法和设备，满足更高的质量要求。政策支持如资金投入、技术培训和科研项目的设立，推动真菌毒素检测技术的发展和应

结论

总而言之，讨论了粮油产品真菌毒素检测技术的现状、应用及发展趋势。分析传统检测方法（如薄层色谱法、高效液相色谱法和气相色谱法）和现代检测方法（如免疫分析技术、分子生物学技术和质谱分析技术），及新兴检测技术（如纳米材料技术和光谱分析技术）的优缺点，全面了解了这些技术在粮油产品真菌毒素检测中的应用效果和存在的问题。粮油产品真菌毒素检测技术将朝着多样化、智能化和便捷化方向发展。新材料和新技术的应用将显著提升检测的灵敏度和特异性，自动化检测系统将大幅提高检测效率和准确性。政策支持和行业规范的不完善，将为检测技术的发展提供有力保障。持续的技术创新和应用优化，有效提高粮油产品的安全性，保障公众健康，推动粮油产品行业的高质量发展。

参考文献

- [1] 吴限鑫, 林秋君, 郭春景, 等. 国内外主要粮油产品中真菌毒素限量、检测标准及风险评估现状分析 [J]. 中国粮油学报, 2019, 34 (09): 130-138.
- [2] 梁毅, 康炯. 粮油产品质量安全检测技术的研究进展与发展趋势 [J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10 (04): 848-853.
- [3] 李培武. 粮油产品质量安全检测技术研究动态 [J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5 (08): 2356-2357.
- [4] 黄文杰, 李紫云, 段峰峰, 等. 粮油产品质量安全快速检测技术的研究和应用进展 [J]. 粮食储藏, 2020, 49 (04): 13-19.