

智能化传感器在粮食质量快速检测中的应用研究

万世园^{1,3*} 张月童² 王立民¹ 普雷鸣¹ 张亚帅¹

1 中储粮(北京)徐辛庄直属库有限公司

2 中储粮玉田直属库有限公司

3 沈阳农业大学

DOI:10.12238/as.v8i11.3425

[摘要] 粮食安全事关国运民生,利用准确、高效的质量检测方法是保障粮食安全的有效途径之一,传统的粮食质量检测方法已基本无法满足现代化快速检测的需求。智能化传感器由于其高效率和高精确度的特性,成为粮食质量快速检测领域的研究热点。本文通过实验对比分析了传统方法与运用智能传感器在粮食质量检测中的应用效果,利用统计工具验证了智能传感器在粮食检测中的准确性和重复性,探讨了其在粮食质量评估中的应用潜力和实际价值,为粮食检测技术的创新和发展提供了科学依据和技术支持。

[关键词] 智能传感器; 粮食质量检测; 快速检测; 数据分析

中图分类号: F762.1 文献标识码: A

Research on the Application of Intelligent Sensors in Rapid Detection of Grain Quality

Shiyuan Wan^{1,3*} Yuetong Zhang² Limin Wang¹ Leiming Jin¹ Yashuai Zhang¹

1 Sinograin Xu Xin Zhuang Branch, Tongzhou District, Beijing

2 Sinograin Yutian Branch, Tangshan City

3 Shenyang Agricultural University

[Abstract] Food security is crucial to national fortune and people's livelihood. Utilizing accurate and efficient quality inspection methods is one of the effective ways to ensure food security. Traditional food quality inspection methods are basically unable to meet the demands of modern rapid detection. Intelligent sensors, due to their high efficiency and high precision, have become a research hotspot in the field of rapid food quality detection. This paper experimentally compares and analyzes the application effects of traditional methods and the use of intelligent sensors in food quality inspection, verifies the accuracy and repeatability of intelligent sensors in food detection with statistical tools, and explores their application potential and practical value in food quality assessment, providing scientific basis and technical support for the innovation and development of food detection technology.

[Key words] intelligent sensor; grain quality inspection; rapid inspection Data analysis

在全球粮食安全问题频发的背景下,粮食质量的快速且准确检测显得尤为重要。智能化传感器技术,以其实时监测和高度自动化的特点,为粮食质量控制提供了新的解决方案。这种技术能够实现对粮食样本的快速分析,大幅提高检测工作的效率和准确性,继而有效避免质检过程中的人为因素干扰。现阶段智能传感器技术在许多工业和环境监测领域已广泛应用,其在粮食检测领域虽已开始相关运用,例如粮食收购智能扦检设备,但具体效果与潜在的应用价值尚需通过严谨的科学的研究来进一步验证。因此,深入探讨智能传感器在粮食质量快速检测中的应用,

不仅能推动粮食检测技术的进步,也有助于确保全球粮食供应的安全性和可靠性。

1 资料与方法

1.1 研究设计

本研究旨在评估智能化传感器在粮食质量快速检测中的应用效果和精确度。此研究设计实验,以比较智能传感器与传统检测方法在精确性、速度和操作便利性方面的表现。实验主要分为两部分:实验室测试和现场验证。

在实验室测试阶段,研究选取了代表性的粮食样本,包括小

麦、玉米和大米，样本来源于不同的地理位置和收获季节，以确保结果的广泛适用性。实验设置包括控制环境条件如温度、湿度和光照，确保测试过程中环境因素的影响最小化。

现场验证则在实际的粮仓和加工厂进行，目的是评估智能传感器在实际应用环境中的表现。现场测试不仅考验传感器的适应性，还测试其在非理想条件下的稳定性和可靠性。通过这两个阶段的测试，可以全面评估智能化传感器在粮食质量快速检测中的实用性和效果。

1.2 传感器选择与配置

在智能化传感器的选择上，本研究采用了光谱分析传感器和电化学传感器两种类型，这两种传感器已被证明在食品质量和安全检测领域具有高效和准确的表现。

光谱分析传感器利用物质吸收特定波长光谱的特性来确定样本的化学组成。本研究选用了近红外(NIR)光谱传感器，因为NIR技术在粮食成分分析中具有非侵入性、无需复杂预处理和快速反应的优点。此外，NIR传感器在操作上不需要专业的化学品处理，安全性高，非常适合现场快速检测。

电化学传感器则是通过检测样本与电极反应时产生的电流变化来分析样本的化学和生物特性。本研究采用了微型化的电化学传感器，这种传感器尤其适用于便携式设备，能够在不同的采样点快速进行质量检测。

研究对比的传统粮食质量检测方法通常涉及化学滴定、重量分析和显微镜检查等技术。这些方法虽然精确，但通常操作复杂，耗时较长，需要专业的技术人员进行样品处理和结果分析。

1.3 数据采集与分析

数据采集是本研究中的关键步骤，需要确保收集到的数据能够准确反映传感器的检测结果和粮食样本的质量状况。在实验室测试阶段，数据采集主要通过连接到智能传感器的数据记录仪进行。每个传感器都配置有自动数据记录功能，可以实时捕捉并存储检测过程中的各种参数，如光谱吸收率、电流变化等。此外，现场验证阶段的数据采集则通过便携式设备进行，以适应现场的工作环境。

数据分析技术方面，本研究采用了多种统计分析方法来处理和解释数据。主要包括描述性统计分析，以提供传感器测量值的基本描述(如均值、标准差等)以及推断性统计测试，如t检验和方差分析，用来评估不同传感器和方法之间的差异是否具有统计学意义。

1.4 验证方法

为了确保实验结果的准确性和可靠性，使用标准物质进行校准和质量控制是实验设计中的必要部分。在本研究中，所有传感器在进行粮食质量检测前，均以已知成分和质量的标准物质进行校准，以验证其测量的准确性。标准物质主要选择国际或国家认可的标准样品，这些样品的化学成分和物理属性已被广泛

验证。

实验中的质量控制程序包括每日的传感器性能检测、定期的校准以及实验过程中的质控点设置。性能检测主要是检查传感器的响应时间、灵敏度和稳定性是否符合预定的技术要求。此外，在每一组实验中，都会随机设置质控点，采用质量已知的样本进行盲测，以监测和保证整个实验过程的可靠性。

2 结果

2.1 实验结果

表1 实验室测试结果对比

检测技术	粮食类型	平均检测时间(分钟)	检测精度(%)	成本(每次检测)
近红外光谱传感器	小麦	2	98	¥5
近红外光谱传感器	玉米	2	97	¥5
近红外光谱传感器	大米	2	98	¥5
电化学传感器	小麦	5	96	¥3
电化学传感器	玉米	5	95	¥3
电化学传感器	大米	5	96	¥3
传统化学滴定法	小麦	30	99	¥15
传统化学滴定法	玉米	30	99	¥15
传统化学滴定法	大米	30	99	¥15

表2 现场验证结果对比

检测技术	粮食类型	平均检测时间(分钟)	检测精度(%)	成本(每次检测)
近红外光谱传感器	小麦	3	95	¥5
近红外光谱传感器	玉米	3	94	¥5
近红外光谱传感器	大米	3	95	¥5
电化学传感器	小麦	6	93	¥3
电化学传感器	玉米	6	92	¥3
电化学传感器	大米	6	93	¥3
传统化学滴定法	小麦	35	98	¥15
传统化学滴定法	玉米	35	98	¥15
传统化学滴定法	大米	35	98	¥15

本研究通过两阶段的测试，实验室测试和现场验证，评估智能化传感器与传统检测方法在粮食质量检测中的性能。具体如表1、表2所示：

实验室测试显示，近红外光谱传感器和电化学传感器在控制条件下与传统方法相比显示出较高的效率和较低的成本，尽管在精度上略有差距。现场验证结果表明，在实际应用环境中，智能传感器的检测精度略有下降，这可能由现场环境的不稳定因素如温度波动、湿度等影响。然而，智能传感器的应用仍然显示出显著的时间效率和成本效益，尤其是在需要快速和频繁检测的商业环境中。

2.2 数据分析

为验证传感器的准确性和重复性，本研究对实验室测试和现场验证的数据进行了深入的统计分析。这些分析揭示了数据的基本特征，并评估了不同传感器和传统方法之间的显著差异。具体如表3、表4所示：

表3 描述性统计分析结果

检测技术	粮食类型	测量均值 (%)	标准差 (%)
近红外光谱传感器	小麦	95.6	2.1
近红外光谱传感器	玉米	94.8	2
近红外光谱传感器	大米	95.4	1.9
电化学传感器	小麦	93.5	2.5
电化学传感器	玉米	92.8	2.4
电化学传感器	大米	93.2	2.3
传统化学滴定法	小麦	98.7	1.2
传统化学滴定法	玉米	98.5	1.3
传统化学滴定法	大米	98.6	1.1

表4 推断性统计测试结果

检测技术	粮食类型	t值	p值	方差分析F值	方差分析p值
近红外光谱传感器 vs 电化学传感器	小麦	5.4	0.001	11.8	0.003
近红外光谱传感器 vs 传统化学滴定法	玉米	6.9	0	14.2	0.001
电化学传感器 vs 传统化学滴定法	大米	12.5	0	22.1	0

从描述性统计可见，智能传感器在实验室和现场验证中均显示出较高的标准差，表明在不同环境下其性能具有一定的波动。尽管如此，智能传感器在快速检测和成本效益方面仍表现出

显著优势。推断性统计测试显示，尽管智能传感器的精度略低于传统方法，但其差异具有统计学意义，验证了其在实际应用中的有效性。

3 讨论

3.1 结果解释

本研究中，智能化传感器在粮食质量快速检测方面表现出显著的效率和较高的精确性，特别是近红外光谱传感器在实验室测试和现场验证中都实现了快速且相对准确的结果。这种传感器通过分析粮食样本吸收特定波长光谱的能力，能够迅速识别出粮食中的关键化学成分，从而评估其质量。电化学传感器虽然在精确度上略低于光谱传感器，但仍然在实际应用中展示了良好的性能，尤其是在现场条件下的稳定性和操作便捷性上。

3.2 技术的优势与局限

智能化传感器的主要优势在于其快速响应和低成本的操作，特别适合于需要大批量样品分析的场景，如粮食加工、粮食入库过程检验和食品质量控制部门等。然而，智能化传感器也面临一些局限性。例如，光谱传感器可能受到环境光线干扰，而电化学传感器的电极可能会因长时间使用而退化，影响检测结果的稳定性和准确性。此外，虽然这些传感器在快速检测中表现出色，但在精确度和可靠性方面仍稍逊于传统的化学分析方法，这可能限制了它们在某些高精确度要求的应用中的使用。

3.3 未来的研究方向

未来的研究应当集中在提高智能传感器的准确性和稳定性上。通过改进传感器设计，如优化光谱传感器的光源和探测器，以及开发更耐用的电化学传感器电极，可以显著提高这些设备的性能。同时，开发更先进的数据处理算法也将有助于提升从复杂背景中提取有用信息的能力，进一步增强传感器在实际应用中的准确度和可靠性。

4 结论

本研究成功展示了智能化传感器在粮食质量快速检测中的应用潜力和实际价值。通过实验室测试和现场验证，发现近红外光谱传感器和电化学传感器不仅能够提供快速的检测结果，而且在成本和操作便利性方面具有显著优势。尽管这些传感器在某些情况下的精度稍逊于传统方法，但它们的快速响应能力和低成本运作使得它们非常适合于现代粮食产业的需求。未来研究应进一步探索智能传感技术的优化，包括传感器硬件的改进和数据处理算法的升级，以提高其在各种环境下的准确性和稳定性。

参考文献

- [1] 李月, 马浩然, 李艺博, 等. 粮食收购智能扦检系统的研究进展[J]. 粮食储藏, 2024, 53(02):1-7.

[2]周升阳,匡华,刘丽强,等.粮食质量安全快速检测标准体系与技术研究进展[J].食品与生物技术学报,2024,43(05):1-8.

[3]宋晓杰,侯岩,李春花,等.粮食扦样检验质量提升的现实困境与对策建议[J].粮油食品科技,2024,32(03):219-225.

[4]韩瑜.粮食检测在粮食储存安全中的重要性及措施研究[J].棉花科学,2024,46(01):65-67.

[5]王婷婷.粮食质量快速检测技术的应用[J].食品安全导刊,2023,(33):25-28.

[6]孔玉明,潘思上,王飞,等.粮食质量安全指标快速检测方法的研究及应用分析[J].现代食品,2023,29(18):35-37.

[7]刘岚,李文文.粮食质量安全检测技术概述[J].食品安全导刊,2022,(34):1-3.

作者简介:

张月童(1999--),女,汉族,河北省唐山市人,本科,研究方向:

食品加工与安全、粮油质量检验、粮食保管。

王立民(1970--),男,汉族,北京市顺义区人,本科,助理工程师,研究方向: 粮油质量检验、粮油仓储管理。

晋雷鸣(1986--),男,汉族,河南省郑州市人,本科,助理工程师,研究方向: A食品科学与工程、粮油质量检验、粮油仓储管理。

张亚帅(1996--),男,汉族,河南省濮阳市人,本科,研究方向: 粮油质量检验、粮油仓储管理。

*通讯作者:

万世园(1999--),男,汉族,河南省信阳市人,硕士研究生,助理工程师,研究方向: 食品加工与安全、粮油质量检验、粮食保管。