

食品检测实验室元素分析质量控制中的相关问题探讨

范艳丽^{1*}, 徐毅²

(1. 威海德生技术检测有限公司, 威海 264200;

2. 威海市食品药品检验检测研究院(威海市食品药品质量评价与技术研究重点实验室), 威海 264210)

摘要: 食品安全一直是社会关注的焦点之一, 而食品检测实验室元素分析作为确保产品安全的重要手段, 其质量控制至关重要。本文首先介绍了食品实验室元素分析在保障产品安全方面的关键作用以及食品检测实验室元素分析的主要方式。然后, 着重阐述了质量控制中存在的问题并提出了一系列有效的质量控制策略。希望为食品检测实验室元素分析质量控制提供有益的指导, 以确保食品安全与公众健康。

关键词: 食品检测实验室; 元素分析; 质量控制; 相关问题

Discussion on related problems in quality control of elemental analysis in food testing laboratory

FAN Yan-Li^{1*}, XU Yi²

(1. Weihai Desen Biotechnology Testing Co., Ltd., Weihai 264200, China; 2. Weihai Food and Drug Inspection and Testing Research Institute (Key Laboratory of Food and Drug Quality Evaluation and Technology Research in Weihai), Weihai 264210, China)

ABSTRACT: Food safety has always been one of the focus of social concern, and elemental analysis of food testing laboratory as an important means to ensure product safety, its quality control is crucial. This paper first introduces the key role of food laboratory element analysis in ensuring product safety and the main ways of food testing laboratory element analysis. Then, the paper focuses on the problems in quality control and puts forward a series of effective quality control strategies. It is hoped to provide useful guidance for the quality control of elemental analysis in food testing laboratories to ensure food safety and public health.

KEY WORDS: food testing laboratory; elemental analysis; quality control; related problems

0 引言

食品安全一直是人们日常生活中不可忽视的重要问题。为了确保食品质量和安全, 食品检测实验室的元素分析起着至关重要的作用^[1]。这项工作不仅直接关系到人们的饮食健康, 更关系到整个社会的公共安全。本文将深入探讨食品检测实验室

元素分析质量控制中的关键问题, 并提出有效的策略以应对挑战。

1 食品实验室元素分析质量控制的重要作用

食品实验室元素分析是指对食品中的元素含量进行测定的过程, 例如盐分、钠、铅、汞等^[2]。这些元素对食品的品质、

* 通信作者: 范艳丽, 中级工程师, 研究方向: 食品药品实验室的检验检测、质量管理与质量控制工作, 保障出具公正, 准确, 专业, 高效的检验检测报告。E-mail: 515605065@qq.com

*Corresponding author: FAN Yan-Li, Engineer, Weihai Desen Biotechnology Testing Co., Ltd., Weihai 264200, China. E-mail: 515605065@qq.com

营养、安全和法规都有重要影响, 因此需要进行质量控制, 来保证检测结果的可靠性。元素分析结果不仅直接关系到产品的安全, 更对产品的品质、营养、标签以及法规合规性等方面产生深远影响。微量营养素如钙、铁、锌在食品中的含量与人体骨骼、血液和免疫等功能密切相关, 因此需要在食品标签上准确标明其含量, 以满足消费者对营养信息的需求^[3]。另一方面, 元素如硫、磷、氮等则在食品的色泽、香气和口感等品质特性中发挥着关键作用, 要求在食品加工过程中进行精准控制以确保最终产品的品质。此外, 元素含量还必须符合相关法规和标准, 以免触犯法律法规, 避免引发纠纷。因此, 实验室通过质量控制, 致力于消除或减少检测过程中的各种误差和偏差, 以提高分析的精密度、准确度和可重复性。通过这一过程, 实验室能够为客户提供可信的数据, 满足其对产品质量和合规性的需求和期望, 确保分析结果在各个方面都具备高度的可靠性。

2 食品检测实验室元素分析的主要方法

2.1 原子吸收光谱法

原子吸收光谱法 (Atomic Absorption Spectrometry; AAS) 是

一种利用被测元素的基态原子对特定波长的电磁辐射的吸收程度进行定量分析的方法^[4]。原子吸收光谱法在食品检测实验室中有广泛的应用, 例如: 测定食品中的微量元素、食品添加剂、食品接触材料中的迁移元素、食品中的重金属污染物等。原子吸收光谱法的优势在于可以快速、准确、灵敏地测定食品中的多种元素, 为食品安全和质量控制提供可靠的数据支持。将食品样品溶液通过雾化器雾化成细小的液滴, 经过火焰或石墨炉等原子化装置, 将液滴中的元素原子化为基态原子。当一束特定波长的单色光 (通常由空心阴极灯发出) 通过原子化装置时, 基态原子会吸收与其特征谱线相对应的光子, 使光束的强度减弱。通过检测器测量光束的强度变化, 就可以根据比尔定律计算出被测元素的浓度。原子吸收光谱法的主要分类有: 火焰原子吸收光谱法 (Flame Atomic Absorption Spectroscopy, FAAS)、石墨炉原子吸收光谱法 (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy, GFAAS)、氢化物发生-原子吸收光谱法 (Hydride Generation-Atomic Absorption Spectroscopy, HGAAS) 和冷蒸汽原子吸收光谱法 (Cold Vapor Atomic Absorption Spectroscopy, CVAAS)。不同的分类适用于不同的元素和浓度范围, 具体如表 1 所示:

表 1 方法适用表
Table 1 Table of methods' applicability

分类	原子化装置	适用元素	检测限 (mg/kg)
FAAS	空气-乙炔火焰	Na, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe 等	0.0110
GFAAS	石墨炉	As, Se, Hg, Bi, Sb, Sn, Pb, 等	0.00010.01
HGAAS	氢化物发生器	As, Se, Sb, Bi, Sn, Te, Ge 等	0.0010.1
CVAAS	冷蒸汽发生器	Hg	0.00010.001

2.2 原子荧光光谱法

原子荧光光谱法 (Atomic Fluorescence Spectroscopy, AFS) 是一种利用原子在辐射能激发下发射的荧光强度进行定量分析的发射光谱分析法, 可用于多元素同时测定^[5]。原子荧光光谱法的基本原理是气态的基态原子吸收特征辐射, 被激发到高能态, 很快又跃迁至低能态或基态, 并产生与入射光波长相同或不同的光。原子荧光光谱法在食品检测实验室中的应用主要有以下几个方面: ①测定食品中的痕量元素, 如 Cd、Zn、Hg、As、Sb、Sn、Pb、Ga 和 In 等。这些元素对人体健康有重要影响, 因此需要严格控制其含量^[6]。原子荧光光谱法可以提供高灵敏度和高准确度的测定结果, 满足食品质量标准的要求。②测定食品中的汞的形态分析, 如无机汞 Hg^{2+} 和甲基汞。汞的形态对其毒性和生物利用率有很大影响, 因此需要区分不同形态的汞。原子荧光光谱法可以利用紫外原子化技术, 无需色谱分离, 直接测定食品样品中的汞的形态^[7]。③测定食品中的同位素比例, 如氢、碳、氮、硫等。同位素比例可以反映食品的来源、地理

位置、生长环境等信息, 对于食品溯源、食品安全、食品质量等方面有重要意义。原子荧光光谱法可以利用激光或等离子体作为激发光源, 提高同位素分辨率和灵敏度。

2.3 电感耦合等离子体质谱法

电感耦合等离子体质谱法 (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS) 是食品检测实验室元素分析中一项重要而高效的分析技术。将电感耦合等离子体 (Inductively Coupled Plasma, ICP) 技术与质谱 (Mass Spectrometry, MS) 技术紧密结合, ICP-MS 能够同时测定水中 65 种元素的含量, 其独特的优势使其成为食品安全领域中备受青睐的主要分析手段。ICP-MS 的基本原理包括样品经雾化器雾化形成气溶胶, 随后由载气带入 ICP 中, 在这个高温等离子体中经历蒸发、分解、激发和电离, 形成一价正离子^[8-10]。接下来, 通过接口将这些离子从常压的等离子体传输到高真空的质谱仪中, 质谱仪利用四极杆滤质器按照质荷比 (m/z) 分离离子, 并借助离子检测器测量离子的强度, 从而计算出元素的含量。这一过程确保了高灵

敏度和准确性的同时,实现了对多种元素的同步检测。ICP-MS的制样过程要求样品能够溶解于酸中,并配成离子溶液,使得待测元素以离子形式存在。酸度、浓度、杂质等因素会直接影响ICP-MS的分析结果,因此需要进行适当的前处理和稀释。同时,ICP-MS的干扰分析主要涉及质谱干扰和基体酸干扰,可通过采用元素校正方程式、冷等离子体炬焰屏蔽技术、碰撞池技术等方法予以消除或降低,保证分析结果的精密度。

2.4 离子色谱法

离子色谱法是食品检测实验室元素分析的重要方式之一,其独特的优势在于对离子性物质的高效分离和准确测定。在离子色谱法中,样品经过适当的前处理后,被注入离子色谱仪系统。离子交换柱能够选择性地吸附和释放不同离子,实现目标元素的分离。离子在柱上的运动速度和时间差异,使得不同离子在检测器中呈现出特定的峰形^[11-12]。通过测定这些峰的面积或高度,可以推导出不同元素的浓度。离子色谱法在元素分析中的应用广泛,特别在监测食品中的阴离子和阳离子含量方面具有显著优势。例如,对于食品中的无机阴离子,如硝酸盐、硫酸盐等,离子色谱法能够快速、精确地进行检测。此外,离子色谱法还可应用于对水溶液中各种金属离子的测定,为食品质量、安全以及法规合规性提供可靠的分析数据。

3 食品检测实验室元素分析质量控制中存在的问题

3.1 仪器设备的校准与维护难题

在使用原子吸收光谱法、原子荧光光谱法、电感耦合等离子体质谱法和离子色谱法进行元素分析时,仪器设备的校准与维护问题是质量控制中突出的困扰。这些精密仪器在运行一段时间后可能产生性能漂移,导致测量结果不稳定^[13]。不同仪器型号之间的性能差异增加了校准的复杂性。电感耦合等离子体质谱法中,高温等离子体和离子光学系统需要定期的校准和维护,以确保准确的元素测量。离子色谱法中,柱和检测器的性能也需定期检查和调整。质量控制的有效手段包括建立系统的校准计划、定期性能验证,并提供专业的仪器维护培训,以解决这些校准与维护难题。

3.2 样品制备的影响因素与标准化挑战

质量控制中另一个显著问题是样品制备的多重影响因素和标准化挑战。不同食品样品的多样性使得样品制备过程更加复杂,存在基质效应、基体干扰和样品前处理误差,可能引起元素浓度的偏差。缺乏通用适用于各种食品类型的样品制备标准使得实验室在保持一致性的制备过程方面面临挑战^[14]。有效的质量控制策略包括采用科学的样品制备流程,建立适用于不同样品类型的标准化程序,并实施严格的质量控制措施,以确保分析结果的准确性和可比性。这些问题突显了质量控制元素分析中的关键作用,强调了实验室需要应对这些挑战以确保数

据的可靠性和有效性。

3.3 数据分析与解释的复杂性

食品检测实验室元素分析的质量控制面临一个突出的问题是数据分析与解释的复杂性。使用原子吸收光谱法、原子荧光光谱法、电感耦合等离子体质谱法和离子色谱法所得的数据需要经过综合和解释,以得出准确的元素浓度^[15]。不同仪器和分析方法的选择可能导致数据之间的差异,加之分析参数的设置对结果产生影响,使得数据分析变得复杂而具有挑战性。这种复杂性增加了对分析人员的培训需求,以确保他们能够正确理解、解释和报告元素分析的结果。制定一致的数据分析标准和报告标准变得尤为关键,以确保数据的可比性和质量。

3.4 方法验证与质量标准的制定困境

在食品检测实验室元素分析中,方法验证与质量标准的制定是一个困扰的问题。不同的元素分析方法需要经过验证,以确保其在特定条件下的准确性、精密度和可重复性。然而,方法验证的过程繁琐且需要耗费大量时间和资源。同时,制定适用于各种食品类型和质量标准也面临挑战,因为食品样品的多样性和复杂性使得一套通用的标准难以制定。这种困境使实验室在方法选择和质量标准的制定方面面临复杂的决策,需要在确保数据可靠性的同时提高效率。解决这一问题的关键在于制定灵活而有效的方法验证程序,以及针对不同食品类型的质量标准,以满足实验室的特定需求。

4 有效控制食品检测实验室元素分析质量的策略

4.1 完善的质量管理体系建设

建设完善的质量管理体系对食品检测实验室至关重要。制定清晰的质量政策和目标,采用质量管理标准如ISO 17025,并建立详细的操作规程,以确保实验室运作符合国际标准。通过员工培训提高团队对质量管理的认识,引入内部和外部的质量评价机制,从而确保实验室的运作持续改进。这一策略将促进一致性和可追溯性,提升元素分析的准确性和可靠性。此外,建立有效的质量控制记录和报告系统,及时发现和纠正质量问题,防止不合格的测试结果流出。加强与其他食品检测实验室的交流和合作,参与国内外的质量比对和能力验证,提高实验室的技术水平和信誉度。

4.2 仪器校准与维护策略

采用科学的仪器校准与维护策略对元素分析的质量进行有效控制。实施定期的仪器校准计划,包括建立标准曲线、验证仪器性能和使用合适的标准物质。通过定期检查、清洁和保养仪器,防止性能漂移和设备故障。培训实验室技术人员,使其能够独立进行仪器校准和维护操作,以降低仪器误差。这些实际策略将有效提高仪器的稳定性和准确性,为食品检测实验室的元素分析提供可信的数据支持。同时,选择适合的分析方法

和条件, 优化仪器的参数设置, 减少仪器的噪声和干扰。定期使用质控样品和空白样品, 检测仪器的精密度和准确度, 评估仪器的测量不确定度。根据仪器的使用频率和性能要求, 制定合理的校准和维护周期, 确保仪器始终处于良好的工作状态。

4.3 样品制备的标准化与自动化

为了提高食品检测实验室元素分析的质量, 采取样品制备的标准化与自动化是必要的策略。针对原子吸收光谱法、原子荧光光谱法、电感耦合等离子体质谱法和离子色谱法的不同样品类型, 建立统一的样品制备标准, 确保每个步骤的操作符合规范。通过制定标准程序, 如样品预处理、酸溶解等, 降低基质效应和干扰, 以提高元素浓度的准确性。同时, 引入自动化设备, 如自动样品分析系统, 能够提高样品处理的效率, 减少操作误差, 确保分析结果的一致性。此外, 选择合适的样品制备方法, 如微波消解、湿法消解、干法灰化等, 根据样品的性质和元素的特点, 提高样品的溶出率和回收率。使用优质的试剂和玻璃器皿, 避免污染和吸附, 保证样品的纯度和稳定性。建立样品制备的质量控制程序, 如使用空白样品、加标样品、标准样品等, 监测样品制备的精密度和准确度, 评估样品制备的测量不确定度。

4.4 数据分析与解释的培训与规范

有效控制数据分析与解释的复杂性需要进行培训与规范。对实验室工作人员进行系统的数据分析与解释培训, 使其具备正确理解和解释元素分析结果的能力。建立统一的数据分析标准, 规范数据处理的流程, 明确分析方法和参数设置, 以确保数据的一致性和可比性。通过培训提高团队的数据分析水平, 减少分析误差, 为客户提供更可信的数据支持。同时, 使用专业的数据分析软件, 如 Origin、SPSS 等, 对数据进行有效地统计和图形化展示, 提高数据的可读性和可视化效果。利用相关的数据分析方法, 如线性回归、主成分分析、聚类分析等, 对数据进行深入地挖掘和解释, 发现数据的内在规律和关联性。根据国家标准和行业规范, 对数据进行合理地评价和判定, 给出科学的结论和建议。

5 结束语

在不断追求食品安全和产品质量的背景下, 我们相信这些提出的策略将为食品检测实验室的元素分析质量控制提供实际、切实可行的指导, 为消费者提供更加可信赖的食品安全数据, 助力食品产业的可持续发展。通过共同努力, 我们能够建设更加健全、高效的食品检测实验室, 为社会公众的食品安全保驾护航。

参考文献

- [1] 胡曙光, 苏祖俭, 黄伟雄, 等. 食品中重金属元素痕量分析消解技术的进展与应用 [J]. 食品安全质量检测学报, 2014, (05), 1270-1278.
- [2] 李肖菁, 刘丽萍, 岳兵, 等. 食品多元素检测质控图及国际比对结果在质量控制中的应用 [J]. 食品安全质量检测学报, 2014, (03): 985-990.
- [3] 左银菊, 王新萍. 食品检测实验室的质量控制分析 [J]. 食品安全导刊, 2022, (01): 73-75.
- [4] 刘兴敏. 食品检测实验室质量控制与管理分析 [J]. 现代食品, 2018, (09): 26-28.
- [5] 刘改霞, 郭东. 食品检测实验室质量控制方式分析 [J]. 食品安全导刊, 2019, (24): 46-47.
- [6] 常浩杨. 食品检测中的质量控制和细节问题处理分析 [J]. 食品安全导刊, 2022, (18): 57-59.
- [7] 李宁渊. 食品检测中的质量控制和细节问题处理分析 [J]. 现代食品, 2022, 28(10): 137-139.
- [8] 梁婷, 贾林鸽. 分析系数在食品理化检验实验室之间质量控制中的应用 [J]. 首都食品与医药, 2020, 27(06): 186.
- [9] 韩晓. 分析系数在食品理化检验质量控制中的应用 [J]. 食品安全导刊, 2016, (27): 77.
- [10] 伍霞, 杨波. 分析系数在食品理化检验质量控制中的应用 [J]. 中国医药指南, 2012, 10(35): 48-49.
- [11] 扬群英. 分析系数在食品理化检验质量控制中的应用 [J]. 河南预防医学杂志, 1986, (02): 60-64.
- [12] 付琳. 化学仪器分析技术在食品检测等领域质量控制中的应用研究 [J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(02): 79-81.
- [13] 李宗朋, 王健, 宋全厚, 等. 近红外光谱技术在食品检测与质量控制中的应用 [J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(08): 125-131.
- [14] 真明强, 丁丽艳, 赵畅, 等. 10 S 管理方法在食品检测实验室的应用 [J]. 食品安全导刊, 2023, (30): 22-24.
- [15] 牟聪华, 王凤姣. 浅谈食品检测实验室的内部审核工作 [J]. 食品安全导刊, 2023, (23): 48-50.

作者简介

范艳丽, 中级工程师, 研究方向: 食品药品实验室的检验检测、质量管理与质量控制工作, 保障出具公正, 准确, 专业, 高效地检验检测报告。

徐毅, 硕士, 中级工程师, 研究方向: 食品农产品药品检验检测和质量管理工作。