

水中细菌内毒素污染特性及检测方法新进展

张微芳 叶亚芝

浙江诚意药业有限公司 浙江温州 325000

摘要:近年来国内外学者对细菌内毒素的污染进行了大量的研究,研究内容涵盖了污染的来源,传播的途径,危害的评价和检测的技术。尽管已取得一定成果,但仍存在诸多挑战和问题亟待解决。如水中细菌内毒素种类多、污染特性不一,这对检测与处理造成很大困难;与此同时,目前已有的检测方法的灵敏度,特异性及实用性还有待提高。本文旨在对水中细菌内毒素污染特征进行系统的分析,并讨论已有检测方法存在的优势与不足,希望能对相关方面的研究与实践起到有益的借鉴作用。

关键词:水环境;细菌;内毒素;污染特性;检测方法

引言

水是生命之源,也是一个人赖以生存与发展的主要依据。但在工业化、城市化高速发展的今天,水资源污染也日趋严重,细菌内毒素污染引起了人们的广泛关注。细菌内毒素是一种由细菌在其生长和繁殖阶段生成的,对生物体具有危害性的有毒物质。这种物质在水体中的存在不仅可能对人类健康构成隐患,还可能威胁到水质的全面安全性。因此,全面掌握水中细菌内毒素污染特征,探讨有效检测方法对保证水资源安全和维护人类健康至关重要。

一、水中细菌内毒素污染特性

1. 细菌内毒素的来源和种类

细菌内毒素来源很广,既有来自河流,湖泊等天然水源等自然菌群的毒素又有人为因素的参与,如污水排放及供水系统微生物孳生等原因。天然水源细菌内毒素一般来源于环境中微生物群落,这些微生物群落在水中不断生长和繁殖,可能会产生内毒素这一代谢产物。另外,人类活动所造成的污染不容忽视,农业、工业排放会携带大量营养物质、污染物进入水体,促使水体中细菌滋生、毒素滋生。

具体地说,从类型上看,细菌内毒素是多种多样而又错综复杂的,其中以脂多糖,脂蛋白及肽聚糖为多。以脂多糖为例,其在革兰氏阴性细菌外膜中占绝对优势,免疫原性极强,毒性大。不同类型细菌所产内毒素的结构及毒力是有差别的,例如肠杆菌科菌所产内毒素通常热稳定性较强,能维持高温毒性。

需要强调的是,内毒素的浓度通常是通过生物技术,例如凝胶法或酶联免疫吸附法(ELISA)来测定的,这

些技术能够对水中的内毒素浓度进行量化,从而为风险的评估和管理提供科学依据。另外,因内毒素抗热量,酸碱及普通消毒剂能力较强,水处理过程中很难彻底清除,需特别注意它可能给供水系统带来的危害。总体上讲,掌握细菌内毒素来源及类型对保证水环境质量及人体健康至关重要。

2. 细菌内毒素在水中的分布和迁移规律

细菌内毒素的分布与迁移规律受到诸多因素的影响而表现出一定的时空变化性。天然水体内毒素浓度一般都很低,但是随人为污染加剧,尤其污水处理及供水系统内毒素浓度可能会明显增加。比如在一些受农业或者工业排放的海域,内毒素浓度可达几百到几千单位/毫升,高达安全标准。另外内毒素迁移还受到水流速度,温度,pH值等水文条件影响。静止或者慢流的水体可能会有内毒素沉积到底部沉积物上,快流水域会有内毒素随着水流很快传播。同时温度,pH值等因素的改变也会对内毒素稳定性及迁移能力产生影响。如酸性环境下,一些内毒素溶解性会下降,因而更易从水相中沉淀。所以,要想对水中细菌内毒素污染风险进行精确评价与控制,就必须全面考虑各方面影响因素并采取相关监测管理措施。

3. 细菌内毒素的污染危害

细菌内毒素污染的危害不可忽视,这些内毒素给人体健康,水生生物和水环境质量都带来了严重的威胁。内毒素做为细菌死亡裂解或者活菌利用细胞壁成分所释放出来的毒性物质可使机体产生许多毒性反应,如发热,血压降低,白细胞升高等。这些有害物质会在人通过饮用,皮肤暴露或者吸入含内毒素水等途径进入血液循环中,从而引发严重健康问题甚至威胁生命。与此同时,水生生物与含有内毒素水环境接触,它们的生长,繁殖与存活都会受

到负面影响,从而打破水生生态系统平衡。另外,内毒素会导致水体整体质量下降,丧失原有使用价值及生态功能。以部分区域为例,因工业,农业及生活污水排放等原因造成水体毒素超标,致使当地居民频频出现健康问题,水生生物数量下降,水环境质量受到严重影响。所以,我们必须重视细菌内毒素污染,并采取切实有效的措施强化水质监测与控制,保障水环境安全与健康。

二、水中细菌内毒素检测方法

1. 传统检测方法分析

在细菌内毒素分析领域,传统的检测手段具有显著的重要性,这些手段主要涵盖了凝胶法、酶联免疫吸附法(ELISA)以及放射免疫分析法(RIA)等多种方法。这几种方法各具特点,在实验室及现场检测中得到了广泛的运用。

凝胶法检测内毒素是经典方法之一,它利用内毒素在凝胶内同特定试剂生成的沉淀线判断内毒素是否存在及其浓度。此法操作简单、结果直观、但是灵敏度比较低、容易受到干扰因素的干扰。

酶联免疫吸附法(ELISA)是一种通过酶与抗体或抗原发生结合反应来识别内毒素的方法。利用酶催化底物发生颜色变化或者荧光信号,对内毒素浓度进行量化。ELISA方法具有灵敏度高、特异性好、适合大批量样品快速检测等特点,已经成为目前内毒素检测中常用方法之一。

放射免疫分析法(RIA)是一种通过使用带有放射性标记的抗原或抗体与内毒素进行结合,并通过测定放射性强度来量化内毒素含量的方法。尽管RIA方法具有灵敏度高、准确性好等特点,但是因涉及放射性物质操作及处理等问题,需要很高的实验条件及人员,从而制约了该方法的广泛使用。

这些常规检测方法对细菌内毒素分析起到了至关重要的作用,对水质监测及食品安全方面提供强有力的技术支撑。但随着科学技术的发展,新的检测方法层出不穷,传统的检测方法受到了挑战,要求更新换代。所以在实际使用时,必须要针对具体的需要与情况来选择适当的检测方法才能保证检测结果准确可靠。

2. 现代检测技术

现代检测技术对细菌内毒素的分析显示出明显的进展与革新,主要有荧光分析法,化学发光法,电化学法与生物传感器技术。这些方法以其高灵敏度,快速响应及精准定量等特点正在科研,医疗及环境监测领域逐步代替传统方法。

荧光分析法是将特定荧光染料或者量子点和内毒素复合生成可测荧光信号然后对内毒素进行定量分析。它

的高灵敏度及特异性使荧光分析法能在低浓度区间对内毒素进行精确检测,例如一些高端仪器就能达到皮克级检测下限。

化学发光法则是通过利用化学反应过程中生成的光能来进行内毒素的检测。该方法信噪比较高、不需要外部光源、简化检测设备、适合野外快速测试。在实践中通过准确控制反应条件、优化试剂配方等措施可显著改善检测准确性及重现性。

电化学法是根据内毒素在电极表面的电化学反应而实现检测的。本实用新型的有益效果是:操作简单,装置小型化,易集成,尤其适用于便携式检测设备的研制。如某些电化学传感器可实现内毒素在线实时监测,这为水质安全、食品工业质控等提供一种新方法。

生物传感器技术将生物学识别元件和物理化学换能器相结合,可以实现内毒素的高选择性和高灵敏度的检测。随着纳米技术、生物工程等技术的进步,生物传感器性能越来越高,预计将来将成为内毒素检测主流手段。

3. 新型快速检测方法

新的快速检测方法正在细菌内毒素的分析中逐渐脱颖而出,免疫层析试纸法及纳米技术检测法受到了人们的关注。这几种方法由于具有操作简单、速度快、效率高等优点,符合现场快速检测需要。

免疫层析试纸法综合免疫学及层析技术之优点,利用特定抗体及内毒素之组合,使试纸产生明显检测线。此法不但操作简单,不需要复杂的仪器,且检测时间较短,仅需数分钟就能获得结果。在实践中,免疫层析试纸法已经被广泛运用到水质监测和食品安全的各个领域,对公众健康的保护起到强有力的支撑作用。

纳米技术的检测方法充分利用了纳米材料的特殊属性,例如高比表面积和量子效应,从而增强了检测的灵敏性和特异性。利用纳米材料和内毒素相互作用可实现高灵敏检测。此法不仅速度快,精度高,还可望对内毒素进行实时监控与在线分析。伴随着纳米技术的发展与进步,纳米技术检测法应用于细菌内毒素分析中具有广阔的发展前景。

这些新的快速检测方法在促进检测技术不断创新与发展的同时,给细菌内毒素分析带来了更多可供选择的方法。实际使用时,可根据特定的需要及情况选用适当的方法保证检测结果准确可靠。

三、水中细菌内毒素污染控制策略

1. 加强水源保护和水质监测

水源保护与水质监测作为确保水环境安全两大基石,两者紧密相联,合力构筑水体健康防线。水源保护是从

源头防止污染,并通过划定保护区和实行严格管理措施来减少污染源排放,从而保护水资源纯净和持续利用。它既是一种自然关怀,也是一种人类未来责任的表达。而水质监测是对水质变化进行实时追踪,及时发现潜在风险至关重要的一环。它采用多种先进检测技术与设备对水体有害物质实施定期或持续监测以保证水质达到规定标准。在发现异常数据时能快速采取措施阻止污染扩散以确保公众的健康。

二者的融合体现出从防范到处置,从本源到终端的综合保护策略。水源保护使水体有了健康的开端,而水质监测保证了这一开端的延续和稳定,一起守护每一滴水都是纯洁和平安。水资源的保护和水质的监测并不是一蹴而就的事情,它们需要整个社会的共同努力和持续的投入。政府应该加强法律法规制定与实施,企业需要承担环保责任,同时公众应该增强环保意识并参与水体保护行动。这样才能保证水资源可持续地利用,使澄澈的水滋养一切,为人类美好的未来提供永不枯竭的动力。

2. 充分利用水处理过程中的细菌内毒素去除技术

在水处理过程中,细菌内毒素去除技术对确保水质安全具有十分重要意义。内毒素去除效率一般受处理工艺参数,原水水质和操作条件诸多因素影响。在实践中,我们常用的去除技术主要有吸附法,膜分离法以及化学氧化法。

吸附法是通过使用具有高比表面积和多孔结构的吸附剂,例如活性炭,来吸附并清除水中的细菌内毒素。活性炭吸附容量(Q)与其内毒素浓度(C_0),吸附时间(t)和活性炭投加量(m)有密切关系,一般可由吸附等温线表征这种关系。

膜分离技术是通过使用特定孔径的膜材料,例如超滤膜和反渗透膜,来有效地拦截和清除水中的细菌毒素。膜分离技术的效率(η)往往与膜的孔径尺寸(d)、工作压力(P)和初始水流量(Q)等多个因素紧密相关。尤其在反渗透技术方面,该技术的孔径通常落在1至100纳米的范围内,因此能有效地消除分子量较大的细菌内毒素。

化学氧化法是将臭氧(O_3)或氯气(Cl_2)等氧化剂投加到水中破坏细菌内部毒素化学结构从而达到清除效果。氧化剂的添加量(DO)和内毒素的去除率(R)之间有一定的相关性,因此需要根据原水中的内毒素含量和水质标准来确定最佳的添加量。

3. 做好供水系统的清洁和维护

供水系统清洁与保养是保证水质安全,供水连续性

至关重要的环节。该流程涵盖的内容较多,有对供水设备的定期检查、滤网的清理与更换、水泵的维护、水箱与管道的清理等等。

定期巡检可以及时发现供水系统可能出现的设备受损或者不正常等问题,以便快速采取修复措施,以免问题扩大化。对滤网进行清理及更换则能有效避免杂质及颗粒物进入泵及管道中,降低设备故障发生率。

水泵是供水系统中最核心的部件,水泵能否正常工作对于供水连续性具有重要意义。所以经常对水泵进行润滑与保养至关重要。其中包括对水泵运行情况进行检查,清洗及更换润滑油等,从而保证水泵在最佳状态下运行。

另外清洗水箱及管道在供水系统检修中占有重要地位。使用时间长了,水箱及管道内壁易堆积污垢、细菌等,不但影响水质而且会造成供水不畅的问题。所以定期对水箱及管道进行清洗以除去污垢及细菌是维持供水系统洁净通畅的一种有效方法。

结束语

伴随着科学技术的进步与研究的不断深入,人们对于水中细菌内毒素的污染特征与检测方法也有了更全面、更深刻的认识。水中细菌内毒素污染不仅涉及水质安全,而且直接影响公众健康与生态环境稳定。所以加强对水中细菌内毒素的污染特征研究并对其检测方法进行不断地优化与改进是摆在我们面前的一个重要课题。

参考文献

- [1]佚名.水中细菌内毒素污染特性及检测方法研究进展[J].环境科学,2014.
- [2]张灿,刘文君,白森.饮用水内毒素的释放风险与控制技术研究进展[C]//中国土木工程学会水工业分会全国给水深度处理研究会2017年会.中国土木工程学会;全国给水深度处理研究会,2017.
- [3]张灿,刘文君,张明露,等.生活饮用水和瓶装饮用水的细菌内毒素活性调查[J].中国给水排水,2013,29(13):6.DOI:10.3969/j.issn.1000-4602.2013.13.011.
- [4]韩超,杨唐,韩云平,等.污水处理厂生物气溶胶中内毒素污染研究现状[J].天津城市建设学院学报,2022(001):028.
- [5]贾芮,赵金辉,董路遥,嵇译峰,王守荣,王丽娟.校园水体夏季细菌内毒素水平调查及吸入暴露风险评估[J].净水技术,2022,41(9):117-121.