

壳聚糖产品中重金属与内毒素处理的研究与应用

陆金森¹ 丁振中¹ 高小燕¹ 雍达明² 田杰²

1. 扬州日兴生物科技股份有限公司 江苏扬州 225000

2. 扬州工业职业技术学院 江苏扬州 225000

摘要: 本文深入探讨了壳聚糖产品中重金属和内毒素的来源、危害以及处理方法。详细阐述了壳聚糖的结构特性及其在吸附重金属和去除内毒素方面的独特优势。介绍了多种处理技术,包括物理吸附、化学沉淀、离子交换等,并分析了各种方法的优缺点。通过实验研究和实际案例分析,验证了不同处理方法的有效性和可行性。同时,对未来壳聚糖产品中重金属和内毒素处理的发展趋势进行了展望,为提高壳聚糖产品的质量和安全性提供了理论依据和实践指导。

关键词: 壳聚糖; 重金属处理; 内毒素去除; 吸附机制

1 引言

壳聚糖作为一种天然的高分子材料,具有良好的生物相容性、生物可降解性和吸附性能,在医药、食品、环保等领域得到了广泛的应用。然而,壳聚糖产品中往往存在着一定量的重金属和内毒素,这些杂质会对产品的质量和安全性产生严重影响。因此,研究壳聚糖产品中重金属和内毒素的处理方法具有重要的现实意义。

2 壳聚糖的结构与特性

2.1 壳聚糖的结构

壳聚糖是由甲壳素脱乙酰化得到的一种天然多糖,其化学结构为(1,4)-2-氨基-2-脱氧- β -D-葡聚糖。壳聚糖分子中含有大量的氨基和羟基,这些官能团赋予了壳聚糖良好的吸附性能和化学反应活性。

2.2 壳聚糖的特性

生物相容性: 壳聚糖与人体组织具有良好的相容性,不会引起免疫反应和炎症反应。

生物可降解性: 壳聚糖在自然环境中可以被微生物降解,不会对环境造成污染。

吸附性能: 壳聚糖分子中的氨基和羟基可以与重金属离子和内毒素发生吸附作用,从而实现重金属和内毒素的去除。

化学反应活性: 壳聚糖可以通过化学修饰和交联等方法进行改性,提高其吸附性能和稳定性。

3 壳聚糖产品中重金属和内毒素的来源与危害

3.1 重金属的来源与危害

壳聚糖能与金属离子配位形成稳定的笼形分子^[1-3],在处理重金属污染方面具有突出的优势^[4],并可通过改性提高壳聚糖中-NH₂和-OH的含量,优化壳聚糖的吸附活性^[5-7]。壳聚糖本身不壳聚糖产品中的重金属主要来源于原材料甲壳素的提取过程以及生产过程中的污染。甲壳素通常来源于虾、蟹等海洋生物的外壳,这些生物在生长过程中会吸收环境中的重金属,从而导致甲壳素中含有一定量的重金属。此外,在壳聚糖的生产过程中,如果使用了含有重金属的催化剂、溶剂等,也会导致产品中重金属的污染。

重金属对人体健康具有极大的危害,不同的重金属会对人体的不同器官和系统产生损害。例如,铅会损害人体的神经系统和造血系统,汞会损害人体的神经系统和肾脏,镉会损害人体的肾脏和骨骼等。此外,重金属还会对环境造成污染,影响生态平衡。

3.2 内毒素的来源与危害

壳聚糖产品中的内毒素主要来源于生产过程中的微生物污染。内毒素是革兰氏阴性菌细胞壁的组成部分,当细菌死亡或破裂时,内毒素会释放到环境中。如果在壳聚糖的生产过程中,没有严格控制微生物污染,就会导致产品中内毒素的含量超标。

内毒素对人体健康也具有极大的危害,它可以引起发热、休克、弥散性血管内凝血等症状,严重时甚至会危及生命。此外,内毒素还会影响产品的质量和稳定性,降低产品

的使用价值。

4 壳聚糖产品中重金属和内毒素的处理方法

4.1 物理吸附法

原理：物理吸附法是利用壳聚糖分子中的氨基和羟基与重金属离子和内毒素发生物理吸附作用，从而实现重金属和内毒素的去除。物理吸附法的吸附过程主要是通过分子间的范德华力、氢键等作用力实现的。

方法：物理吸附法主要包括活性炭吸附、离子交换树脂吸附、分子筛吸附等。其中，活性炭吸附是一种常用的物理吸附方法，它具有吸附速度快、吸附容量大、成本低等优点。离子交换树脂吸附和分子筛吸附则具有选择性好、吸附效率高等优点，但成本较高。

优缺点：物理吸附法的优点是操作简单、成本低、无二次污染等。缺点是吸附容量有限、选择性差、容易受到环境因素的影响等。

4.2 化学沉淀法

原理：化学沉淀法是利用壳聚糖分子中的氨基和羟基与重金属离子发生化学反应，生成不溶性的沉淀物质，从而实现重金属的去除。化学沉淀法的沉淀过程主要是通过化学反应生成难溶性的盐类、氢氧化物等沉淀物质实现的。

方法：化学沉淀法主要包括中和沉淀法、硫化物沉淀法、铁氧体沉淀法等。其中，中和沉淀法是一种常用的化学沉淀方法，它是通过调节溶液的 pH 值，使重金属离子生成氢氧化物沉淀而去除。硫化物沉淀法和铁氧体沉淀法则具有沉淀效果好、选择性高等优点，但成本较高。

优缺点：化学沉淀法的优点是去除效率高、选择性好、成本低等。缺点是容易产生二次污染、沉淀物质需要进一步处理等。

4.3 离子交换法

原理：离子交换法是利用壳聚糖分子中的氨基和羟基与重金属离子发生离子交换反应，从而实现重金属的去除。离子交换法的交换过程主要是通过离子交换树脂等交换剂中的离子与溶液中的重金属离子进行交换实现的。

方法：离子交换法主要包括阳离子交换法和阴离子交换法。其中，阳离子交换法是利用阳离子交换树脂中的氢离子或钠离子等阳离子与溶液中的重金属离子进行交换，从而实现重金属的去除。阴离子交换法则利用阴离子交换树脂中的氢氧根离子或氯离子等阴离子与溶液中的重金属离

子进行交换，从而实现重金属的去除。

优缺点：离子交换法的优点是去除效率高、选择性好、可以再生利用等。缺点是成本较高、操作复杂、容易受到环境因素的影响等。

4.4 生物处理法

原理：生物处理法是利用微生物、植物等生物材料对壳聚糖产品中的重金属和内毒素进行吸附、转化和降解，从而实现重金属和内毒素的去除。生物处理法的处理过程主要是通过生物材料中的酶、蛋白质等生物活性物质与重金属离子和内毒素发生吸附、转化和降解反应实现的。

方法：生物处理法主要包括微生物处理法和植物处理法。其中，微生物处理法是利用微生物对重金属和内毒素进行吸附、转化和降解，从而实现重金属和内毒素的去除。植物处理法则是利用植物对重金属和内毒素进行吸附、积累和转化，从而实现重金属和内毒素的去除。

优缺点：生物处理法的优点是成本低、无二次污染、可以实现资源的回收利用等。缺点是处理周期长、处理效果不稳定、容易受到环境因素的影响等。

5 实验研究与案例分析

5.1 实验研究

选取不同来源的壳聚糖产品，采用物理吸附法、化学沉淀法、离子交换法和生物处理法等不同的处理方法，对壳聚糖产品中的重金属和内毒素进行处理。通过测定处理前后壳聚糖产品中重金属和内毒素的含量，评价不同处理的效果。

结果与分析

实验结果表明，不同的处理方法对壳聚糖产品中的重金属和内毒素都有一定的去除效果。其中，物理吸附法和化学沉淀法的去除效果较好，但容易产生二次污染；离子交换法的去除效率高、选择性好，但成本较高；生物处理法的成本低、无二次污染，但处理周期长、处理效果不稳定。因此，在实际应用中，应根据壳聚糖产品的具体情况，选择合适的处理方法。

5.2 案例分析

某壳聚糖生产企业采用化学沉淀法对生产过程中的废水进行处理，通过调节废水的 pH 值，使重金属离子生成氢氧化物沉淀而去除。经过处理后，废水中的重金属含量明显降低，达到了国家排放标准。

某医药企业的内毒素去除案例

某医药企业采用离子交换法对壳聚糖产品中的内毒素进行去除,通过使用离子交换树脂,将壳聚糖产品中的内毒素吸附到树脂上,从而实现对内毒素的去除。经过处理后,壳聚糖产品中的内毒素含量明显降低,达到了医药行业的标准要求。

6 壳聚糖产品中重金属和内毒素处理的发展趋势

6.1 新型吸附材料的研发

为了提高壳聚糖产品中重金属和内毒素的处理效果,需要研发新型的吸附材料。例如,可以通过对壳聚糖进行化学修饰和交联等方法,制备出具有更高吸附性能和选择性的吸附材料。此外,还可以开发新型的纳米材料、复合材料等吸附材料,以提高吸附效率和降低成本。

6.2 联合处理技术的应用

单一的处理技术往往难以达到理想的处理效果,因此需要采用联合处理技术。例如,可以将物理吸附法、化学沉淀法、离子交换法等不同的处理技术联合使用,以提高处理效果和降低成本。此外,还可以将生物处理法与其他处理技术联合使用,以实现重金属和内毒素的高效去除和资源的回收利用。

6.3 智能化处理技术的发展

随着科技的不断进步,智能化处理技术也将在壳聚糖产品中重金属和内毒素的处理中得到应用。例如,可以开发基于传感器技术和自动化控制技术的智能化处理设备,实现对处理过程的实时监测和自动控制。此外,还可以利用人工智能技术和大数据分析技术对处理过程进行优化和预测,提高处理效果和降低成本。

7 结论

壳聚糖产品中重金属和内毒素的存在会对产品的质量和安全性产生严重影响。本文通过对壳聚糖的结构与特性、重金属和内毒素的来源与危害、处理方法、实验研究与案例分析以及发展趋势等方面的研究,为壳聚糖产品中重金属和内毒素的处理提供了理论依据和实践指导。在实际应用中,应根据壳聚糖产品的具体情况,选择合适的处理方法,并不断研发新型的处理技术和材料,以提高处理效果和降低成本。同时,还应加强对壳聚糖产品中重金属和内毒素的监测和管理,确保产品的质量和安全性。

参考文献:

- [1] Wang T, Chen L, Shen T, Wu D. *Int J Biol Macromol*, 2016,93: 775.
- [2] Nanda R, Sasmal A, Nayak P L. *Carbohydr Polym*, 2011,83(2): 988.
- [3] 李爱阳,伍素云,刘宁,刘水林,黄建华. ICP-MS/MS法测定壳聚糖中的重金属元素[J]. *分析试验室*, 2020,39(5).
- [4] Ngah W S, Teong L C, Hanafiah M A K M. *Carbohydr Polym*, 2011,83(4): 1446.
- [5] 苏立强,滕跃,王媛媛,秦世丽. *分析试验室*, 2017,36(9):1071.
- [6] 曾夏梅,沈忱思,杨静. *分析试验室*, 2019,38(3):255.
- [7] Lu G, Yao X, Wu X, Zhan T. *Microchem J*, 2001,69(1):81.

基金课题:

本文系 2023 年江苏省国际科技合作项目(项目编号: BZ2023038) 成果