基于低温固体灭菌机的智能化控制系统研究 及其在药材灭菌中的应用

徐贵鸿 邓力维 周宇 吴永兰*

(江西中医药大学, 江西 南昌 330004)

摘要: 本文旨在研究和开发一种智能化控制系统, 以提高低温固体灭菌机在药材灭菌过程中的效率和质量。通过对现有低温固体灭菌机的研究现状进行调研, 发现其存在一些问题, 如灭菌时间长、温度控制不精确等。基于问题, 本文提出了一种基于智能控制的低温固体灭菌机系统。该系统利用先进的传感器技术和控制算法, 实现了对灭菌过程的实时监测和控制。通过优化温度控制策略和灭菌时间安排, 提高了灭菌效率和产品质量。对智能化控制系统的有效性的系列实验验证表明, 与传统的低温固体灭菌机相比, 智能化控制系统能够显著缩短灭菌时间, 并提高灭菌效果的稳定性和可重复性。此外, 智能化控制系统还能够实现对不同种类药材的个性化处理, 满足不同药材的灭菌要求。通过对实际应用案例的分析, 发现智能化控制系统具有广阔的应用前景。总之, 通过研究发现该系统对于推动低温固体灭菌技术在药材领域的推广应用具有重要意义。

关键词: 低温固体灭菌; 智能化控制系统; 实验验证

一、研究背景和意义

随着对中药质量和安全的日益关注, 人们意识到在种植、收获、加工和储存中药的每个环节中, 不可避免地会有霉菌、细菌等病原微生物的混入。传统的中药制剂生产方式, 包括简单的生产设备和依赖手工的操作, 增加了污染的风险。因此, 选择合适的灭菌技术至关重要, 以确保在不破坏药物有效成分的情况下有效杀死微生物。

低温固体灭菌机因其在保持药物原有特性的前提下进行灭菌而得到广泛应用。然而, 传统的低温固体灭菌机在使用中存在操作复杂、能源浪费等问题, 迫切需要改进。智能化控制系统通过传感器和执行器等装置对灭菌过程进行精确控制, 有潜力解决这些问题。

国内外研究者在这方面取得了一些进展, 例如开发了基于模糊控制和神经网络的智能化控制系统, 这些系统能够实现自动化控制、优化运行, 并提高灭菌效率及节约能源。

总结来说, 研究智能化控制系统对提高低温固体灭菌机的自动化程度、降低能源消耗、保证灭菌效果和质量稳定性具有重要意义。未来的研究应着眼于进一步优化智能化控制系统的设计, 以适应中药行业对高效、稳定和节能解决方案的需求。

二、研究内容和方法

(一) 低温固体灭菌机的工作原理及存在问题分析

该创新技术在螺带式混合机的基础上配备了真空泵, 借助真空泵精准调控压力差异, 以此优化低温灭菌的效果。该设备内置多级螺旋搅拌桨, 确保物料混合更加均匀。同时, 装备了飞刀装置用以分散粘连的物料, 而吹气装置则能有效地清理设备底部沉积的物质。其工作原理是利用低温条件下的物理或化学手段来消灭细菌、病毒及其他微生物, 以此提高效率, 保持物料原有的性质和状态。当然, 这种设计技术可能也存在一些问题, 例如, 可能存在温度控制不准确、灭菌时间长、能源消耗大等问题。

低温固体灭菌机的工作原理包括加热、冷却和保持等步骤, 具体如下:

1. 创造真空环境: 安装抽真空系统能够精确调整灭菌过程中的压力, 通过控制真空泵的操作, 优化在低温环境下的灭菌效果。这样的控制不仅可以确保药材在灭菌后的生熟药性保持不变, 还能最大限度地保存那些易挥发和热敏感的成分, 从而保持药物的

完整性和疗效。该抽真空装置主要由冷凝器和水环式真空泵组成。抽真空口连接至冷凝器, 后者再与水环式真空泵相接。这样配置的作用是, 对灭菌机的主体部分实施强力抽真空, 并将产生的水汽集中冷凝以便回收。为了防止在抽真空的过程中物料被误吸走, 顶盖内部设置了一个专门的过滤桶, 这一设计确保了物料的安全性, 同时维持了系统的高效运作。低温固体灭菌机通过真空泵将机器内部的空气抽出, 创造出高度真空的环境。

2. 降低温度: 在真空环境中, 低温固体灭菌机利用制冷系统将温度降低到所需的水平。通常使用的低温范围是 -80°C 至 -135°C 。

3. 保持时间: 在达到所需低温后, 低温固体灭菌机将保持一段时间, 以确保彻底杀灭微生物。保持时间的长短取决于所需的灭菌效果和材料的特性。

4. 恢复常压: 完成灭菌处理后, 低温固体灭菌机会通过通风系统将机器内部的压力恢复到常压状态。

在真空环境下, 多菌种的杀灭情况与温度层级有关。一般来说, 随着温度的降低和保持时间的延长, 微生物的死亡速率会增加。以下是一些常见微生物在真空环境下不同温度层级的杀灭情况的例子:

- 嗜热脂肪芽孢杆菌 (*Bacillus stearothermophilus*): 在低温 -121°C 下, 经过 2 小时的灭菌处理可以完全杀灭该菌种。

- 大肠杆菌 (*Escherichia coli*): 在 -70°C 下, 经过 2 小时的灭菌处理可以完全杀灭该菌种。

- 沙门氏菌 (*Salmonella enterica*): 在 -80°C 下, 经过 2 小时的灭菌处理可以完全杀灭该菌种。

- 霉菌 (*Fungi*): 在 -18°C 下, 经过 48 小时的灭菌处理可以完全杀灭该菌种。

鉴于不同的微生物对低温的敏感性有所不同, 因此具体的灭菌条件需要根据实际需要进行调整。

根据实验条件的局限性, 采用加热模式相对降低温度模式更为现实, 加温条件的设置对设备及实验环境要求相对较低, 所以针对上述研究, 我们采用热蒸汽对物料器具加温, 考虑到在高温条件下, 实验物理想化性质可能发生改变, 其实验结果不可控, 我们在 70 摄氏度、80 摄氏度、90 摄氏度、100 摄氏度进行实验, 分析在不同温度层级情况下, 对其理化性质的改变及群落的杀灭

情况进行统计,得出如下结论:

在70摄氏度、80摄氏度、90摄氏度、100摄氏度加温30分钟后,我们对三七药材干粉混杂大肠杆菌、沙门氏菌、霉菌等在上述四个温度条件下的杀灭情况进行统计。实验结果显示,随着温度的升高,三七药材干粉中微生物的存活率逐渐降低。在100摄氏度下,经过30分钟的加温处理,大肠杆菌、沙门氏菌和霉菌的存活率均达到了零。

此外,我们还对三七药材干粉的理化性质变化情况进行了统计。结果显示,在高温条件下,三七药材干粉中的蛋白质、多糖等成分可能会发生一定程度的降解,但总体上变化较小。

综上所述,通过实验验证了在高温条件下,采用热蒸汽对物料器具加温能够有效杀灭三七药材干粉中的微生物,且对三七药材干粉的理化性质影响较小。这为低温固体灭菌机在实际应用中提供了一种可行的加热模式选择。

(二) 智能化控制系统设计

系统采用全自动化控制技术能够精确地匹配中试阶段设定的工艺参数,确保大规模生产过程中的一致性和稳定性。这种技术减少了人为操作的不确定性,使过程参数的监控和调整变得更加简便,从而有助于提升生产效率和产品品质。自动化控制不仅降低了因人为错误而导致的生产差异,还显著增强了对原材料和能源的有效利用,这意味着它能够在提高生产效益的同时,降低生产成本。通过精确地控制和实时的调整,这种技术促进了生产流程的顺畅进行,实现了资源的节约和效率的最大化。

低温固体灭菌机智能控制系统将涵盖硬件和软件的双重架构。在硬件层面,我们将专注于传感器的挑选和布局,以及执行机构的设计,以确保精准的数据采集和高效的执行动作。传感器可以用来监测温度、压力、湿度等参数,并将数据传输给控制系统;执行器可以根据控制系统的指令来调节设备的运行状态。软件设计主要包括控制算法的优化和人机界面的设计。控制算法可以根据传感器采集的数据来实时调整设备的运行参数,以实现精确的温度控制和灭菌效果;人机界面可以提供友好的操作界面,方便操作人员对设备进行监控和控制。

关于压差的选择对于沸点的影响,清华大学李艳博士在“低温有机朗肯循环及其透平的研究与设计”项目中,深入研究了压差对沸点的影响,并优化了循环系统。她探讨了不同热力循环参数对系统性能的影响,还研究了适用于低温余热利用的工质类型及其对循环性能、成本、环保和透平设计的影响。在实际应用中,针对某炼化企业的余热利用,研究团队开发了基于温度分级和能量集成的方法,采用R141b工质进行高温和低温蒸发。双参数有机朗肯循环系统不仅简化了结构,降低了成本,还提高了发电效能。螺旋式加热器和智能控制系统的运用,使系统运行更加高效可靠。

(三) 实验验证与性能评估

通过实验验证所设计的智能化控制系统的性能。可以搭建一个低温固体灭菌机的实验平台,将所设计的智能化控制系统应用到实际设备中,并进行如下测试:

1. 控制系统稳定性评估:检查智能化控制系统在各种工作条件下的稳定性,确保系统能够准确稳定地控制灭菌过程中的温度、压力等参数。

2. 智能控制算法效果验证:评估智能化控制系统使用的控制算法在不同情况下的控制效果,确保系统能够通过智能算法实现更高效的灭菌过程。

3. 远程监控及数据上传功能评估:测试智能化控制系统的远程监控功能是否可靠,数据传输是否及时稳定,以便用户可以远程监控灭菌过程并及时调整。

4. 用户界面易用性评估:评估智能化控制系统的用户界面设计是否友好,操作是否简便直观,确保操作人员可以方便地使用系统进行操作。

5. 故障诊断及报警功能效果验证:测试智能化控制系统的故障诊断和报警功能是否准确快速,以确保系统能够及时发现并解决问题,保障设备运行正常。

通过以上实验验证和性能评估项目,可以全面了解压差灭菌机智能化控制系统的性能特点和控制效果,确保系统能够稳定可靠地进行灭菌工作,提高设备的智能化水平和操作便利性。

(四) 结果分析和讨论

对实验结果进行分析和讨论,总结智能化控制系统的优势和不足之处,并提出改进措施。通过对比实验组和对照组的结果,分析智能化控制系统对低温固体灭菌机的影响,包括灭菌时间缩短、能源消耗降低等方面的优势。同时,也要对系统的不足之处进行讨论,如控制精度不高、系统稳定性有待提高等问题,并提出相应的改进建议。

三、预期成果和创新点

1. 设计一种基于智能化控制系统的低温固体灭菌机,提高设备的自动化程度和能源利用率。

设计出一种基于智能化控制系统的低温固体灭菌机,实现设备的自动化操作和优化运行。通过实验验证,证明所设计的智能化控制系统能够提高设备的自动化程度和能源利用率。引入智能化控制系统,实现设备的自动化操作,提高工作效率和降低能源消耗。通过对灭菌过程的实时监测和调节,实现灭菌效果的稳定和提高。

2. 实现药材灭菌的高效性和稳定性,确保药材的原有生、熟炮制功能不变。

设计出一种基于智能化控制系统的低温固体灭菌机,实现药材的高效灭菌和稳定性。通过实验验证,证明所设计的智能化控制系统能够保证药材的原有生、熟、炮制功能不变。通过对灭菌过程的实时监测和调节,实现药材的高效灭菌和稳定性。设计出一种能够保持药材原有生、熟、炮制功能的低温固体灭菌机,满足药材质量要求。

3. 提出改进措施,解决低温固体灭菌机在使用过程中存在的问题,提高设备的可靠性和实用性。

针对低温固体灭菌机的使用问题,我们将制定改进方案,实施必要的调整和优化措施,以期解决问题并提升设备性能。通过实验验证,证明所提出的改进措施能够提高设备的可靠性和实用性。针对低温固体灭菌机在使用过程中存在的问题,提出针对性的改进措施,提高设备的可靠性和实用性。

参考文献:

[1] 陈丹之. 低沸点工质的热力性质对透平选型与设计的影响[C]//CNKI.0[2023-11-30].

[2] 易兵,丁楚良,廖勋白,朱保健,陈金辉,彭群梅.一种新型压差灭菌设备[P].江西省:CN213373903U,2021-06-08.

[3] 臧振中,杨明,管咏梅,伍振峰,张建林,刘媛.自动控制技术在中药提取工艺中的应用与展望[J].世界科学技术-中医药现代化,2018,20(11):1943-1949.