

以丁醇为原料制备可持续航空燃料



来源：民航环境与可持续发展智库

一、文章简介

生物燃料生产过程之一为通过丙酮-丁醇-乙醇(ABE)过程,将生物质转化为丁醇,然后使用乙醇制航空燃料(ATJ)工艺生产 SAF。而对于这一技术,在本文中通过过程中强化技术,一方面同步糖化发酵(SSF)反应器集成,另一方面与 Petlyuk 蒸馏柱集成,旨在优化系统配置,以最大限度地减少年化总成本(TAC)和环境影响。生产时应用元启发式优化技术,产量分别为丁醇 91,358 公斤/小时和生物燃料 45,833 公斤/小时。该工艺的经济和环境评估结果是 TAC 为 12,614 美元/公斤。结果表明,集成的生物炼油法是生产 SAF 的一种有前途和有效的战略,有助于扩大符合联合国可持续发展目标的可再生能源来源。

二、研究方法

文章通过化学工程和过程强化的研究方法,对从丁醇生产 SAF 的经济和环境影响进行了优化研究。通过现有文献进行深入分析,以评估生物丁醇作为 SAF 来源的潜力和技术现状。

首先使用 Aspen Plus 软件对从生物质到丁醇的转化过程以及随后的丁醇到航空燃料的升级过程进行模拟。同时采用 MATLAB 软件对酶水解和发酵的动力学模型进行编程,模拟生化反应的复杂动态。通过集成过程强化技术,如同时糖化发酵(SSF)反应器和 Petlyuk 蒸馏塔,优化系统配置以减少年化总成本(TAC)和环境影响。

应用元启发式优化技术,通过差分进化算法(Differential Evolution, DE)结合禁忌列表(Tabu List, TL)解决复杂的多目标优化问题,采用混合优化方法以使 TAC 和 Eco-Indicator 99 (EI99) 环境影响指标最小化。

使用 Eco-Indicator 99 (EI99) 指标量化生产过程的环境影响,涵盖人类健康、生态系统质量和资源枯竭等方面。同时计算 TAC,包括生产过程中的所有运营和资本支出。在过程设计和操作参数中进行细致的优化,以实现成本效益和环境可持续性的平衡,并结合实验数据验证模拟结果的准确性。并且对不同设备对环境影响的贡献进行分析,以识别过程强化技术的潜在应用领域。

三、研究结论

文章对利用丁醇生产生物燃料的 ATJ 过程进行了详细的建模和模拟,特别是通过在丁醇-生物质转化途径中战略性地结合先进的过程强化技术,在可再生燃料生产领域取得了显著的突破。这些创新与传统的 ATJ 转化方法相结合,提升生物燃料生产效率。通过应用一种复杂的随机优化技术,将差分进化算法与禁忌列表方法相结合,设计了一种复杂的生物质-生物燃料转化路径。该设计经过了严

格的环境和经济指标的彻底评估,得到 TAC 为 12,614 美元/公斤。生产能力方面,丁醇的产量为 91,358 公斤/小时,生物燃料的产量为 45,833 公斤/小时。这项研究的结果标志着可持续燃料生产领域的一个重要里程碑,突出了 ATJ 转化方法在经济和环境层面存在优化潜力。过程强化技术在提高航空生物燃料生产过程的效率和可持续性方面具有相当大的前景,能够减少相关成本和环境足迹,增强战略的实际可行性。

文献引用:

García-Hernández A E, Segovia-Hernández J G, Sánchez-Ramírez E, et al. Sustainable aviation fuel from Butanol: A Study in optimizing Economic and Environmental impact through process intensification[J]. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 2024, 200: 109769.

资料链接:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0255270124001077>

资料搜集: 赵慧杰 石晶华 朱茂盛

校对: 张奕野 杨诗琪

审核: 陈侯秀