

螺旋推进器对提高微波辅助生物柴油生产效率的作用

Jinghua Ye, Huacheng Zhu

Sichuan University, College of Electronics And Information Engineering, No. 24 South Section 1, 1st Ring Road, Chengdu, Sichuan, 610065

引言: 微波的不均匀加热也影响了微波辅助生物柴油的大规模生产。研究表明,连续流微波加热器可以有效地解决微波辅助生物柴油的批量生产问题,螺旋推进器也可以改善加热均匀性,于是仿真带有螺旋推进器的连续流微波加热器的生物柴油生产过程,有利于优化连续流微波加热器的设计,对提高微波辅助生物柴油生产效率有重要的意义。

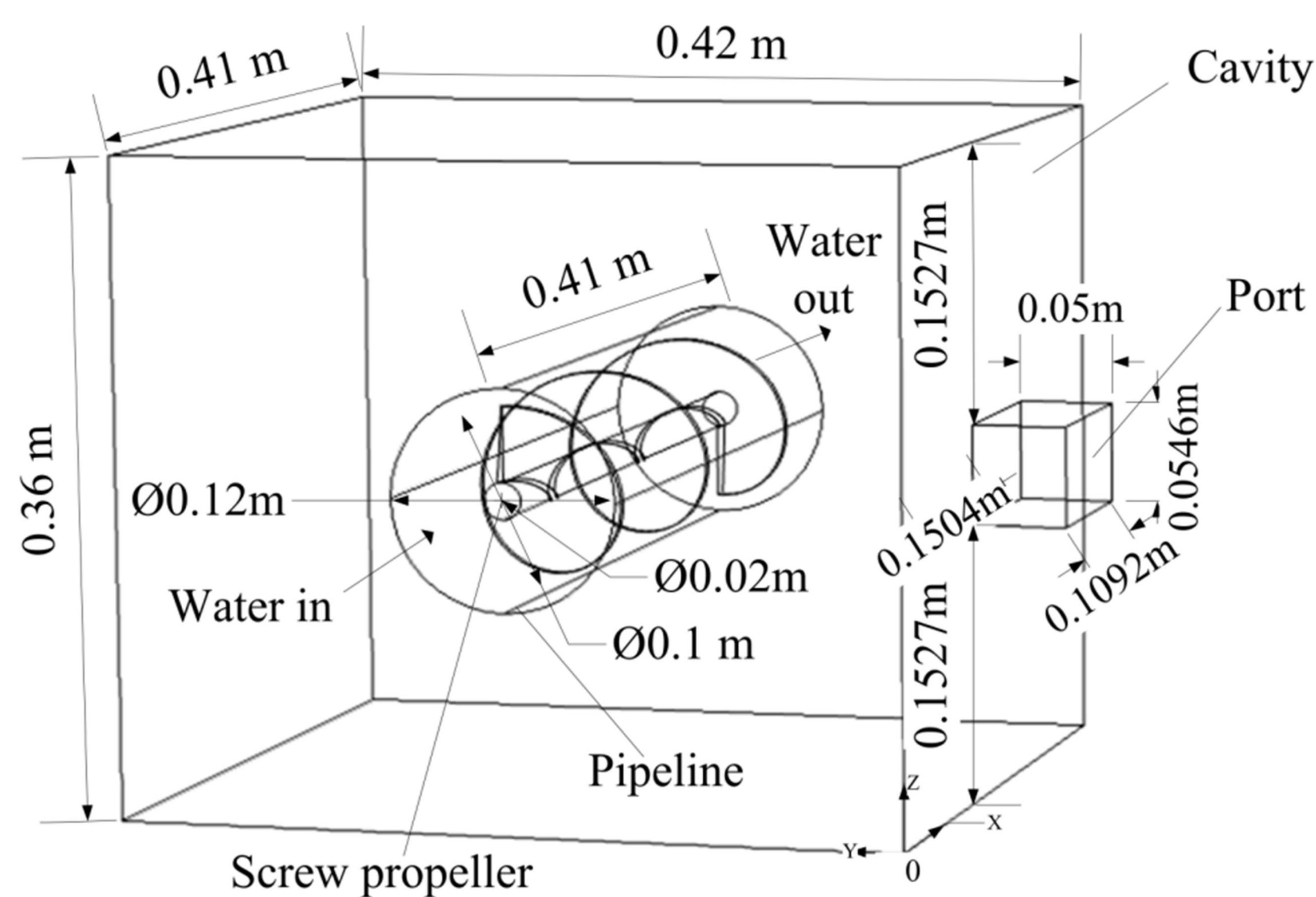


Fig. 1 Model of 3D microwave heating device

计算方法: 本文使用了电磁场、旋转机械流、流体传热和化学反应模块。电磁场中的介电系数是关于温度(T)和物质浓度 C 的函数[1]

$$\epsilon_r'(C, T) = \frac{(T/T_0)^{-\alpha'(C)}}{e^{\beta'(C) \cdot (T-T_0)}} \epsilon_r'^{T_0}(C), \epsilon_r''(C, T) = \frac{(T/T_0)^{-\alpha''(C)}}{e^{\beta''(C) \cdot (T-T_0)}} \epsilon_r''^{T_0}(C)$$

流体的热参量由流体的各组分的质量比等效所得

$$C_p = \sum_{i=1}^n \chi_i \cdot C_{pi}, k_t = \sum_{i=1}^n \chi_i \cdot k_{ti}$$

并采用步进求解的方法,先在频域求解电磁场

$$\nabla \times \mu_r^{-1} \times (\nabla \times \vec{E}) - k_0^2 \left(\epsilon_r(T, C) - \frac{j\sigma}{\omega_0} \right) \vec{E} = 0$$

所得的耗散功率代入流体传热,

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + \frac{1}{2} \omega_0 \epsilon_0 \epsilon_r'' |\vec{E}|^2$$

同时求解流体场和化学反应中质量变化

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \rho(\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = \nabla \cdot \left[-p \vec{I} + \mu(\nabla \vec{u} + (\nabla \vec{u})^T) - \frac{2}{3} \mu(\nabla \cdot \vec{u}) \vec{I} \right] + F,$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{u}) = 0, \Delta \cdot \vec{j}_i + \rho(\vec{u} \cdot \nabla) \omega_i = R_i,$$

再将求解得到的温度和浓度用于更新介电系数,如此类推直至计算时间结束。

边界条件:

电磁场设为完美电导体,传热为热绝缘,流体除出入口都是无滑移壁,出口压力设为零,化学反应壁设为无通量壁。

结果: 当微波输入功率为 2KW,入口油酸和甲醇质量分数 6:1 混合溶液的流量为 1670ml / min,螺旋推进器的转速是 6r / min时,仿真结果表明,由于螺旋推进器的搅拌作用,流体的温度均匀性得到了很好的提高。有无螺旋推进器的出口温度变化如图2所示。图3为有无螺旋推进器的连续流微波加热器的生物柴油转化率随时间的变化图,可见生物柴油的转化率在更少时间内达到了平衡位置。

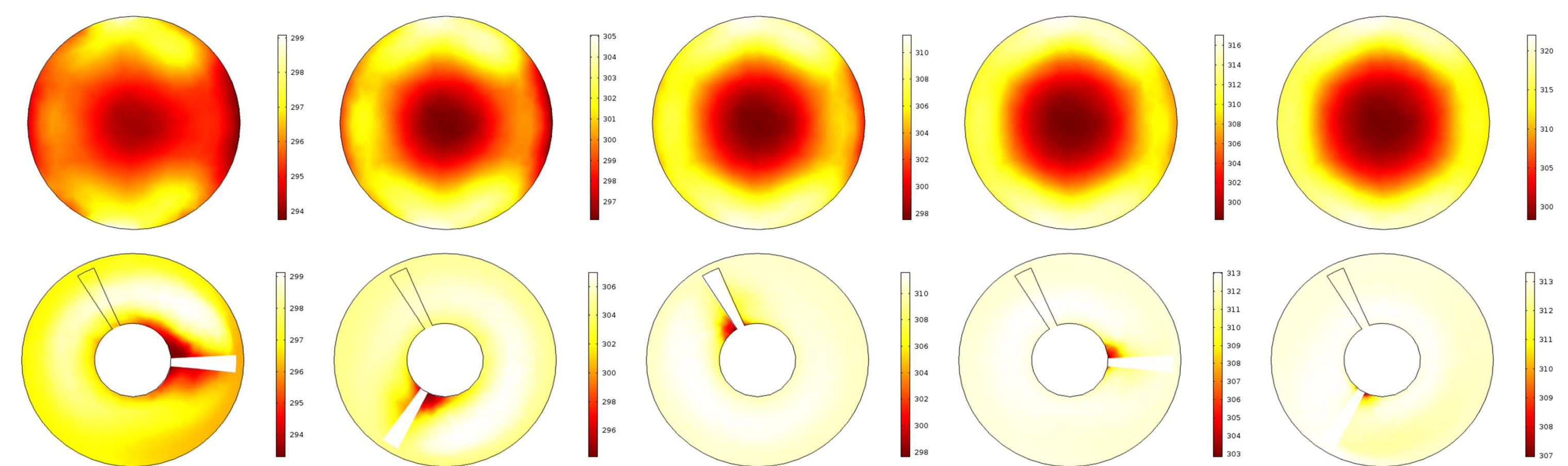


Fig. 2 The schematic diagram of outlet temperature variation (without or with a screw propeller, heating time: 40, 80, 120, 160, 200 s)

物质	C_p	k_t
油酸	2.05	0.11
甲醇	2.51	21.35
生物柴油	6.75	0.12
水	4.18	0.63

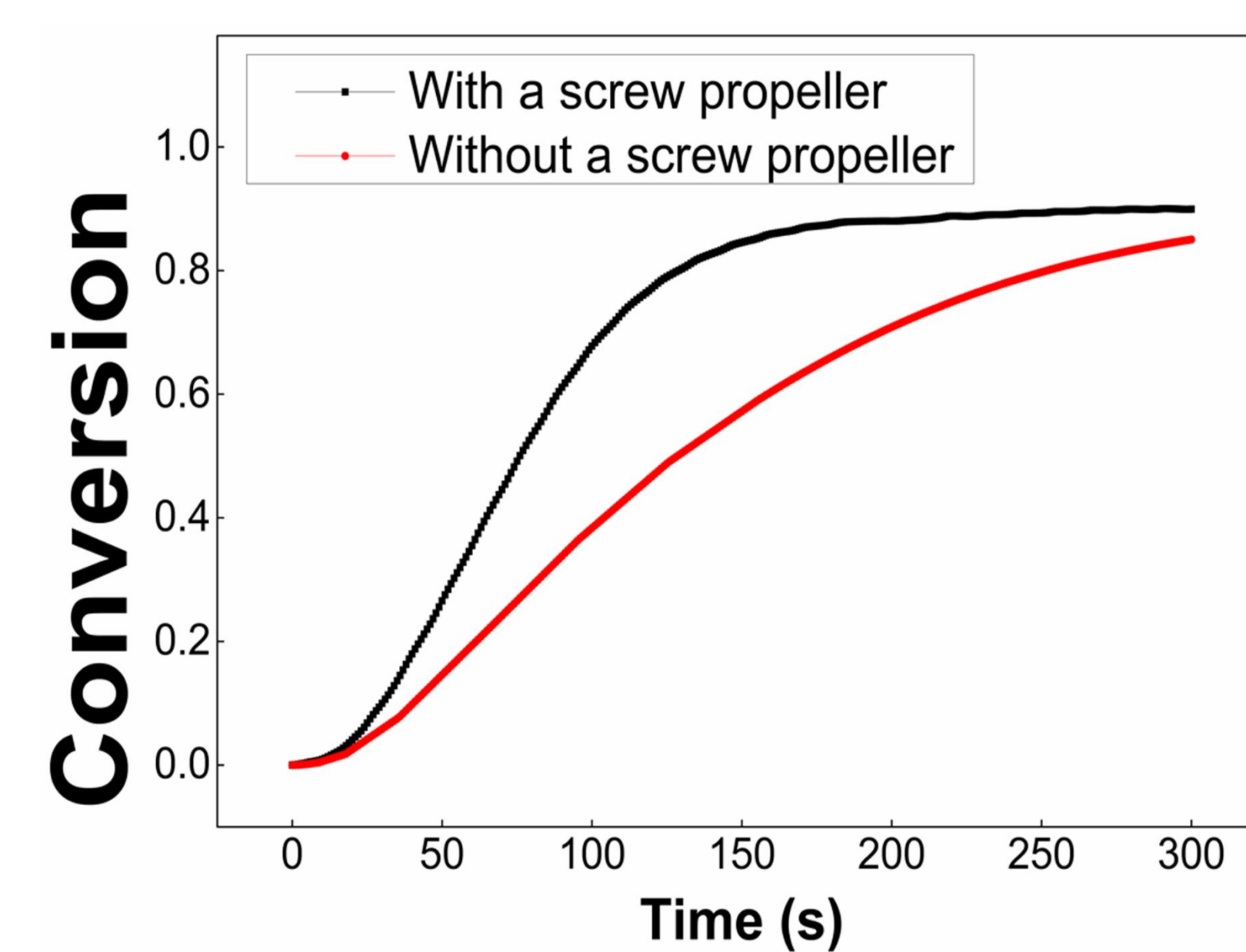


表 1. 反应中反应物和生成物的 C_p (kJ/(kg · K))和 k_t ($\frac{W}{m} \cdot K$)的值 **Fig. 3** The conversion rate of biodiesel varies with time

结论: 本文仿真了带有螺旋推进器的连续流微波加热器的生物柴油生产过程,结果表明螺旋推进器对提高微波辅助生物柴油生产效率有积极的作用。

参考文献:

1. K. Krisnangkura and R. Simamaharnop, "Continuous transesterification of palm oil in an organic solvent," J Am. Oil Chem. Soc., vol. 69, no. 2, pp. 166-169, 1992.
2. Li W, Zhu H, Huang K, "Thermal analysis on the process of microwave-assisted biodiesel production," Bioresource Technology., vol. 133, pp. 279-284, 2013.