

Final Report for

Production of Precision κ -Carrageenan Microcapsule by Co-Flowing Microfluidic System

(SCF0024-BIO-2007)

By

Dr. Chan Eng Seng (Project Leader)

Prof. Dr. Pogaku Ravindra

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

School of Engineering and IT

University Malaysia Sabah



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRACT

The formation of hydrogel microcapsule using microfluidic device was investigated in this project. The primary objective of this work is to evaluate the potential of co-flowing microfluidic device in producing quality microcapsule. The first part of this work involved the construction of a co-flowing microfluidic device that can be used to produce hydrogel particle. The second part of the project focused finding the effect of process parameters on the droplet/microcapsule formation behavior and droplet/microcapsule properties. The third part aimed at developing a mathematical model to predict the droplet/microcapsule size from the affecting parameters. The final part investigated the scale-up potential of the studied system. In this research, three types of droplet formation modes were distinguished: dripping, narrowing jetting and widening jetting. The transition points between each type of breakup modes were found to be influenced by the interplay among inertial force, viscous force and interfacial force of the system. The transition points were then compared to a theoretical model. It was also found that the droplet size produced in liquid-liquid system affected by the combined influence of the liquids properties, flow dynamics combinations and geometry of the system setup. A two-stage model was developed and was found to be consistent with the experimental data and the average absolute deviation (AAD) lies within 5% of the calculated values. On the other hand, the breakup mechanism of liquid jets in liquid-liquid system was found to be consistent with the Rayleigh's instability theory and the drop size was well predicted from existing model. In the scale-up study, it was suggested that the droplet formation in the system should remain in the dripping mode. Using the two-stage model, a simulation was performed to scale-up the productivity of the liquid-liquid dispersion system. Optimum operating conditions was able to be determined through the simulation.



ABSTRAK

Pembentukan gel mikrokapsul dengan alat mikrofluidik telah dikaji dalam projek ini. Objektif utama kerja ini adalah untuk menilai potensi alat mikrofluidik dwi-cecair dalam pembentukan mikrokapsul yang berkualiti. Bahagian pertama melibatkan pembinaan alat mikrofluidik dwi-cecair yang digunakan untuk pembentukan gel partikel. Bahagian kedua fokus pada penilaian kesan-kesan parameter proses ke atas sifat pembentukan dan ciri-ciri titisan/mikrokapsul. Bahagian ketiga bertujuan untuk membina satu model matematik untuk menjangka saiz titisan/mikrokapsul daripada parameter yang berpengaruh. Dalam bahagian yang terakhir, tumpuan diberi kepada potensi sistem tersebut dalam skala besar. Dalam penyelidikan ini, tiga jenis mod pembentukan titisan telah dikenalpasti: menitis, jet menyempit dan jet melebar. Titik-titik transisi antara mod-mod formasi telah dihubungkan dengan pengaruh daripada kelajuan relatif antara kelajuan cecair fasa diskret dan kelajuan leheran pada paksi menegak. Titik-titik transisi ini dibandingkan dengan model teori. Ia didapati bahawa saiz titisan yang dibentuk dalam sistem dwi-cecair adalah dipengaruhi oleh ciri-ciri fizikal larutan, dinamik aliran dan geometri sistem tersebut. Satu model dwi-fasa telah dibentuk dan didapati bahawa model dwi-fasa tersebut adalah konsisten dengan data eksperimen dengan purata sisihan mutlak (AAD) di dalam lingkungan 5% daripada nilai ramalan. Selain itu, mekanisma peleraian pada jet cecair dalam sistem dwi-cecair didapati adalah konsisten dengan teori ketidak-stabilan Rayleigh dan saiz titisan didapati diramal dengan jitu daripada model yang sedia ada. Dalam penyelidikan skala besar, ia dicadangkan supaya sistem tersebut dikekalkan dalam mod dripping. Berdasarkan model yang dibentuk sebelum ini, simulasi telah dijalankan untuk tujuan skala besar. Pembolehubah yang optimum dapat ditentukan dalam simulasi tersebut.