

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

CHARACTERISATION OF PROBIOTIC FERMENTED CABBAGE AND ITS POTENTIAL IN AMELIORATING THE PESTICIDE-INDUCED GUT DYSBIOSIS AND PHYSIOCHEMICAL ALTERATIONS

KHOO SHING CHING

APRIL 2025

Main Supervisor : Associate Professor Ma Nyuk Ling, Ph.D
Co-Supervisor 1 : Professor Mohd Effendy Abd Wahid, Ph.D
Co-Supervisor 2 : Associate Professor Vijitra Luang-In, Ph.D
Faculty : Faculty of Science and Marine Environment

There is growing interest in synbiotic functional food in the development of health-benefit products. However, there is limited knowledge about probiotic-food-gut microbiota interactions, leading to many uncertainties in their development and application. This study aimed to explore the probiotic potential of eight selected strains from fermented products. All probiotics had genetically identified and demonstrated resilience towards all stress factors. Among the probiotic groups, *Enterobacter asburiae* exhibited the highest growth rate with robust tolerance in bile salt, sodium chloride, pH and temperature. *Lactiplantibacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* exhibited excellent gastric acid resistance with survival rates of 122% and 126%, respectively. All probiotics exhibited different carbon utilisation patterns, demonstrating the functional diversity and adaptivity in the carbon metabolism. This study also focused on the development of synbiotic probiotic fermented cabbage (PFC). The combination of eight selected probiotics under fermentation conditions of 25°C with 3% salt concentration for 48 hours was identified as the optimal condition for PFC production. The optimised formulation exhibited the highest levels of flavonoids (818.6 mg QE/100 g), phenolics (494.62 mg GA/100 g), and glucosinolates (25.097 mg RS/100 g), and demonstrated significantly higher antioxidant and cytotoxic properties compared to raw cabbage. Examination of the simultaneous feeding effect

of PFC and pesticide exposure revealed that rat group C with a single dose of 125 mg PFC/rat kg showed optimal growth after six weeks of treatment, with lower oxidative stress and lower total cholesterol compared to other rat groups. Under pesticide stress, rat group F with a middle dose of 125 mg PFC/rat kg demonstrated better health growth parameters in the renal profile and higher composition of healthy gut microbiota such as Bacteroidota, and Firmicutes and decreased in the abundance of harmful Proteobacteria. This study also provided insight into the interplay of predicted gene functional pathways and enzymatic activities upon PFC and pesticide treatments through 16S rRNA sequencing. All the findings underscored the significant potential of PFC as a functional food, marking a pivotal advancement in the development of synbiotic functional foods and chronic disease prevention. These results demonstrated its versatile applications across the healthcare, food industry, and agriculture sectors.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**PENCIRIAN KUBIS FERMENTASI PROBIOTIK DAN POTENSI DALAM
MENGURANGKAN DISBIOSIS USUS DAN PERUBAHAN FISIOKIMIA
YANG DISEBABKAN OLEH RACUN PEROSAK**

KHOO SHING CHING

APRIL 2025

Penyelia Utama : Profesor Madya Ts. Dr. Ma Nyuk Ling, Ph.D
Penyelia Bersama 1 : Profesor Dr. Mohd Effendy bin Abd Wahid, Ph.D
Penyelia Bersama 2 : Profesor Madya Dr. Vijitra Luang-In, Ph.D
Fakulti : Fakulti Sains dan Sekitaran Marin

Terdapat peningkatan minat terhadap makanan berfungsi sinbiotik dalam pembangunan produk yang memberi manfaat kepada kesihatan. Walau bagaimanapun, pengetahuan mengenai interaksi probiotik-makanan-mikrobiota usus adalah terhad, menyebabkan banyak ketidakpastian dalam pembangunan dan aplikasinya. Kajian ini bertujuan untuk meneroka potensi probiotik daripada lapan strain terpilih yang diperoleh daripada produk fermentasi. Semua probiotik telah dikenalpasti secara genetik dan menunjukkan daya tahan terhadap pelbagai faktor tekanan. Dalam kalangan kumpulan probiotik, *Enterobacter asburiae* menunjukkan kadar pertumbuhan tertinggi dengan toleransi yang kukuh terhadap garam hempedu, natrium klorida, pH dan suhu. *Lactiplantibacillus plantarum* dan *Pediococcus pentosaceus* pula mempamerkan ketahanan asid gastrik yang sangat baik dengan kadar kelangsungan hidup masing-masing sebanyak 122% dan 126%. Kesemua probiotik mempamerkan corak penggunaan karbon yang berbeza, sekaligus menunjukkan kepelbagaian fungsi dan penyesuaian dalam metabolisme karbon. Kajian ini juga memberi tumpuan kepada pembangunan produk fermentasi kubis probiotik sinbiotik (PFC). Kombinasi lapan probiotik terpilih di bawah keadaan fermentasi pada suhu 25°C dengan kepekatan garam 3% selama 48 jam telah dikenalpasti sebagai keadaan optimum untuk penghasilan PFC. Formulasi optimum ini mempamerkan aras

flavonoid tertinggi (818.6 mg QE/ 100 g), fenolik (494.62 mg GA/ 100g), dan glukosinolat (25.097 mg / 100 g), serta menunjukkan sifat antioksidan dan sitotoksik yang jauh lebih tinggi berbanding kubis mentah. Pemerhatian terhadap kesan pemakanan serentak PFC dan pendedahan racun perosak menunjukkan kumpulan tikus C yang menerima dos tunggal PFC 125 mg PFC/kg tikus menunjukkan pertumbuhan optimum selepas rawatan selama enam minggu, dengan tekanan oksidatif dan jumlah kolesterol yang lebih rendah berbanding kumpulan tikus yang lain. Di bawah tekanan pendedahan racun perosak, kumpulan tikus F dengan dos pertengahan PFC pada 125 mg PFC/kg tikus menunjukkan parameter pertumbuhan kesihatan yang lebih baik dalam profil buah pinggang dan komposisi mikrobiota usus yang lebih sihat seperti Bacteroidota dan Firmiculates, serta penurunan ketara Proteobacteria yang berbahaya. Kajian ini juga memberikan gambaran tentang interaksi laluan fungsi gen yang diramalkan dan aktiviti enzimatik hasil rawatan PFC dan racun perosak melalui penjujukan 16S rRNA. Keseluruhan penemuan ini menekankan potensi besar PFC sebagai makanan berfungsi, sekaligus menandakan kemajuan penting dalam pembangunan makanan berfungsi sinbiotik dan pencegahan penyakit kronik. Hasil kajian ini juga menunjukkan aplikasi serba boleh PFC merentasi penjagaan kesihatan, industri makanan dan sektor pertanian.