

資助計劃:	漁業提升資助計劃			
申請編號:	FEF23101			
資助項目名稱:	利用果廢製作可持續養殖飼料促進魚類健康			
獲資助機構:	嶺南大學			
報告期間:	從:	01/01/2025	到:	30/06/2026
項目負責人:	葉志豪博士，助理教授			

行政摘要 (Executive Summary)

香港政府於 2023 年提出將漁業養殖區擴展至 800 公頃，並在未來 15 年將海魚產量提升 10 倍至 6,000 噸。然而飼料成本佔水產養殖作業總成本約 50%至 70%，魚粉及大豆粉等傳統原料價格持續上漲，已成為本地養殖業擴張的主要瓶頸。水果廢棄物（如橙皮）富含多酚、黃酮、維生素及礦物質等生物活性成分，是開發可持續飼料添加劑的理想原料。嶺南大學在漁業提升資助計劃（FEF23101）支持下，於 2025 年 1 月至 2026 年 6 月執行「利用果廢製作可持續養殖飼料促進魚類健康」項目，目標是建立可複製的發酵果廢（FFW）生產流程，驗證其對香港海水養殖魚類生長、健康及產品品質的效益，並通過研討會向業界推廣。

項目按三項任務推進：（1）以本地果汁廠新鮮橙皮為原料，在 5 個 50 升發酵桶進行 30 天浸沒式發酵，每日監測溫度、pH 及溶解氧等參數，並結合 16S rRNA 擴增子測序及 LC-MS/MS 代謝組學，追蹤微生物群落與代謝物變化；（2）於西貢魚排進行為期 180 天的現場養殖試驗，以金頭鯛（*Sparus aurata*）為對象，設商業飼料對照組及添加 FFW 處理組，每組 3 個網箱、每箱約 350 尾，系統評估生長性能、飼料系數、抗氧化與免疫指標、腸道微生物組、肌肉代謝組及肝臟轉錄組（3）舉辦四場研討會，向漁民、學生、公眾、政府機構及學術界分享成果。

結果顯示，FFW 發酵流程簡單穩定：發酵 7 天後各環境參數趨於平穩，第 30 天醋酸桿菌及酵母菌（伊薩酵母、畢赤酵母、假絲酵母）成為優勢菌群，共鑒定出 3,633 種代謝物，其中多種與生長促進、免疫增強及抗氧化相關的代謝物顯著上調，同時去除苦味糖苷等抗營養因子。養殖試驗中，FFW 組第 180 天增重率達 71.91%（對照組 59.65%），飼料系數降至 7.82（對照組 9.09）；穀胱甘肽還原酶（GR）活性提升 96.4%，丙二醛（MDA）水平下降 83.4%，溶菌酶及免疫球蛋白 M 亦顯著升高，顯示 FFW 可同步改善生長效率、抗氧化能力與免疫力。腸道微生物組出現適應性重塑，鰓部條件致病菌 *Arcobacter* 豐度下降；肌肉代謝組中決定鮮味的肌苷酸（IMP）上調，肝臟轉錄組顯示能量生產及解毒代謝增強，從多組學層面支持 FFW 的益生機制。

項目共舉辦四場研討會，超過 100 人次參與，向本地漁民免費發放試驗魚及 FFW 樣品，並獲有線新聞、紫荊等媒體報道。整體而言，本項目建立了「廢棄物資源化—養殖效果驗證—行業推廣應用」的完整鏈條，證明 FFW 可作為低成本、易操作的功能性飼料添加劑，有助降低飼料成本、提高養殖魚類健康與產品價值，支持香港水產養殖可持續發展、循環經濟及實現碳中和目標，並為漁業管理及政策制定提供科學依據。

主要發現 (Key Findings)

- FFW 發酵工藝簡單可複製：30 天浸沒式發酵形成以醋酸桿菌和酵母菌為主的穩定微生物生態，降低抗營養因子，富集與促生長、免疫及抗氧化相關的功能代謝物，適合低成本規模化推廣。
- FFW 發酵液顯著改善生長與飼料效率：第 180 天 FFW 組增重率 71.91%，較對照組 59.65% 提升 13.2%，且自第 60 天（增重）及第 45 天（飼料系數）起優勢持續穩定；FFW 組飼料系數 7.82，低於對照組 9.09，FFW 發酵液降低飼料系數及單位增重成本，具備顯著的經濟應用價值。
- FFW 發酵液增強魚體抗氧化與免疫能力：第 180 天 FFW 組 GR 活性提升 96.4%，SOD 活性顯著升高，MDA 下降 83.4%，溶菌酶 (157.53 vs 130.01 U/ml) 及 IgM (187.67 vs 150.16 μ g/mL) 顯著上升，魚體抗病及抗應激能力增強。
- FFW 發酵液優化魚體微生物生態：養殖水體微生物群落穩定，未因添加 FFW 受污染；FFW 組腸道菌群出現早期適應、中期回調、末期代謝轉向的適應性重組，鰓部有害菌顯著下降、皮膚有益菌升高，支持「益生元—菌群—宿主」的作用機制。
- FFW 發酵液提升魚肉品質並改善代謝功能：肌肉代謝組顯示鮮味核苷酸 IMP 上調；肝臟轉錄組顯示氨基酸及小分子分解代謝、能量生產和解毒代謝增強，有助提升產品商品價值與養殖健康水平。