

財團法人
食品工業發展研究所
Food Industry Research and Development Institute

生物資源保存及研究簡訊

中華民國 114 年 12 月發行

補助單位：經濟部產業技術司 / 執行單位：財團法人食品工業發展研究所

本期內容

中心新聞

1

◎ 全國首家取得 ISO 20387 認證之生物資料庫 — 食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心正式獲得 TAF 認證

◎ 取得 ISO 17025 多能幹細胞品質分析三項認證與啟動服務

會議紀要

3

◎ 2025 臺泰產業鏈結高峰論壇及業界交流會

◎ 第十三屆益生菌、益生元和新食品會議

研發成果

8

◎ 食品鏈中之邦克列酸檢驗分析技術

科技新知

10

◎ 從諾貝爾獎 Tregs/Foxp3 理論看腸道菌的免疫調節潛力

全國首家取得 ISO 20387 認證之生物資料庫—
食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心
正式獲得 TAF 認證

財團法人食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心於 2025 年 10 月 2 日正式獲得財團法人全國認證基金會 (TAF) 頒發之 ISO 20387 生物資料庫認證 (認證編號：BB001)，為國內首家通過此國際標準認證的生物資料庫，象徵我國生物資料庫標準化活動與國際正式接軌。本次認證範圍涵蓋真菌與細菌之取得、製備、儲存及分發四項生物資料庫核心活動，在生物材料管理、品質保證與國際標準化作業上都達到世界級標準。展現生資中心在

生物資料庫作業上的專業能力、公正性、保密性與一致性運作品質，具備提供研發所需優質生物材料及相關資訊的實力。

ISO 20387 為國際標準化組織 (ISO) 於 2018 年專門針對生物資料庫所設定的品質管理標準，旨在確保生物資源庫於資源保存、操作流程、品質控管及風險管理要求等面向具有一致且可驗證的可靠性。此標準已成為全球研究機構、生物科技產業與臨床研究領域評估生物資源庫專業度與可信度的重要指標，此項認證



圖、食品所生資中心為全國首家獲得 ISO 20387 認證之生物資料庫。

亦將成為生物資料庫品質與永續運營能力的重要評估依據。

此次榮獲 ISO 20387 認證，不僅是食品研究所生資中心的重要里程碑，更象徵台灣在生物資源保存與生物科技研究領域再向前邁進一大步。透過國際標準化

的生物資料庫體系，生資中心將持續以高品質生物材料與專業服務，支持國內科研與生技產業需求，提升競爭力、促進創新研究成果，並在全球生醫研究產業發展浪潮中占有一席之地。

生資中心 / 研究員 許璦文

取得 ISO 17025 多能幹細胞品質分析三項認證與啟動服務

生資中心 / 研究員
張育甄

隨著生物科技的迅速發展，細胞治療與再生醫療已成為當代醫學研究與臨床應用的核心領域。其中多能幹細胞 (Pluripotent Stem Cells, PSCs) 因具備分化為三胚層各類細胞的潛能，被視為推動再生醫療發展的關鍵技術，為治療多種退化性疾病與器官損傷提供了嶄新的解決方案。為了要將多能幹細胞安全且有效地應用於臨床，必須建立嚴謹的品質分析與控制機制，以確保其生物

特性的一致性與使用安全性。在此背景下，食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心（簡稱「生資中心」）於經濟部科技專案支持下，憑藉多年來於實驗室認證與品質管理的豐富經驗，成功導入管理系統與標準化作業流程，延續 2024 年取得 ISO 17025 多能幹細胞抗原表現分析與體外分化能力分析後，今年度新增多能幹細胞基因分析服務並獲得認證。成為國內首件提供多能幹細

胞品質檢測並取得認證的商業化服務單位，為我國再生醫療產業發展奠定重要基礎。

多能幹細胞是一類具有高度潛能的細胞，具備自我更新與分化為多種細胞類型的能力。所謂「多能性」，是指這些細胞能夠分化為三個胚層 - 外胚層 (ectoderm)、中胚層 (mesoderm) 與內胚層 (endoderm) 所衍生的所有細胞類型。由於這種廣泛的分化潛能，多能幹細胞被視為再生醫療領域中的關鍵資源，特別是在治療因細胞功能退化或死亡所導致的難治癒疾病方面，展現出無限的應用潛力。這類細胞能夠轉化為神經細胞、心肌細胞、肝臟細胞等多種功能性細胞，因此有望透過多能幹細胞的分化能力來實現細胞替代與功能重建，進而改善患者的生活品質。目前，多能幹細胞的主要來源其一是胚胎幹細胞 (Embryonic Stem Cells, ESCs)，這些細胞取自早期胚胎，具有天然的多能性；其二是誘導性多能幹細胞 (Induced Pluripotent Stem Cells, iPSCs)，這類細胞是透過基因重編程技術，將體細胞（如皮膚細胞或血液細胞）重新轉化為具有多能性的狀態，從而避免了使用胚胎來源所引發的倫理爭議。iPSCs 的出現不僅突破了細胞來源的限制，也為個人化醫療與疾病模型建立提供了嶄新的可能。

然而，正因多能幹細胞具有極高的分化潛能與自我增殖能力，其臨床應用也伴隨著潛在的風險與挑戰。最主要的風險之一是腫瘤形成的可能性，特別是未完全分化的幹細胞可能在體內形成畸胎瘤 (teratoma) 造成使用安全的隱憂。此外，細胞來源、培養條件、基因穩定性與免疫相容性等因素，也都可能影響治療的



圖、2025 生資中心新增通過一項 TAF/ISO 17025 測試項目認證。

安全性與效果。因此，將多能幹細胞應用於臨床之前，必須進行嚴格的品質管控與安全性評估，目前全球已有超過 100 件的多能幹細胞臨床研究試驗進行中。使用多能幹細胞衍生的產品需針對其關鍵品質執行控制措施，包括但不限於：細胞基因型與表現鑑定、分化潛能的功能性驗證、染色體穩定性分析、無菌與內毒素檢測，以及對腫瘤形成潛能的評估等。此外，製程的標準化與可重現性也是確保細胞產品一致性與臨床應用成功的關鍵。

ISO 17025 是國際上針對檢測與校正實驗室的品質管理體系認證標準，其認證包含對實驗室管理體系、技術能力和品質保證的全面評估，確保實驗室具有準確和可重複的檢測能力，以確保檢測結果的準確性與可靠性。由於多能幹細胞雖能藉由外觀與抗原表現標記等分析代表其多能性之維持狀態，然而分子圖譜的表達不但能一次定量多種基因的表現程度，可進一步作為細胞分析數據的重要補充資料。而在單一試驗中，同時分析大量的未分化與已分化的基因能對 iPSC 細胞

株提供更完整的細胞特性資訊，生資中心在方法上使用 TaqMan hPSC Scorecard 系統，利用 RT-PCR 同時對 93 個基因進行表現量分析，其中包含 9 個 self-renewal 基因、74 個胚層特異性基因、以及 10 個 house keeping 基因來確認待測多能幹細胞的細胞狀態。

生資中心於今年 (2025) 經 TAF 評鑑通過，取得 ISO 17025 多能幹細胞的基因表現分析認證，基因表現圖譜分析結果不僅能確認 iPSC 細胞株之多能性基因表現狀態，更能提供分化潛力之評估，是目前市場仍缺乏但未來 iPSC 產業於細胞特性與 clones 篩選時重要的分析利器，極具服務之潛力。ISO17025 認證的通過顯示，生資中心不僅為多能幹細胞的基因表現能力提供了標準化的品質評估方法，同時也證實生資中心在細胞分析和品質保證方面的技術能量。整合多能幹細胞抗原表現、分化能力與基因表現三項多能幹細胞之認證項目，完備分析需求。目前已可接受委託，將提供產官學研符合標準且值得信賴的第三方檢測服務，確保產品符合高標準的安全性和一致性，為未來臨床應用奠定基礎。

和陳慶源資深研究員，跟隨食品所統籌小組一同前往出席大會。

食品所已搭建臺泰食品生技合作平台，本次除參與論壇外，也安排「臺泰食品生技產業益生菌發展互動分享及交流會」，邀集臺泰益生菌產業相關代表，探討未來新商機動向及合作機會。另為與泰國食品生技廠商深度互動，特別安排參訪泰國生技製藥 Specialty Innovation 及博仁大學健康管理學院。

二、「臺泰食品生技產業益生菌發展互動分享及交流會」

由食品所與泰國國家食品研究院 (National Food Institute) 合作規劃，本屆特別著重於雙方於益生菌領域之合作，邀請雙方研究法人與廠商分享產品研發策略和成果，共有 30 位出席，藉由經驗分享與交流，為未來創造更多商機，以下摘要各主題重點：

- (1) 泰國科學技術研究院 (TISTR) 創新健康食品專家中心 Dr. Natnirin Booranasakawee 資深研究員指出，泰國益生菌相關產品 (益生菌、益生質和後生元) 的產值，將從 2024 年 838.7 百萬美元持續成長到 2031 年的 1,831.1 百萬美元。泰國市場成長的推動力，包括人口老化、慢性疾病增多、旅遊業需求、功能性食品擴展、本地研發與投資的吸引力。應用領域包括有動物飼料、增強免疫力、皮膚健康、消化健康和膳食補充劑。益生菌食品在泰國市場上的形式有飲用性粉末、康普茶、發酵牛奶、酸奶和克菲爾、韓式泡菜和醃漬蔬菜等。
- (2) 泰國國家基因工程與生物技術中心 (BIOTEC) Dr. Chalinee

2025 臺泰產業鏈結高峰論壇及業界交流會 (Thailand X Taiwan Industrial Collaboration Summit, TTICoS)

生資中心 / 資深研究員
謝松源 / 陳慶源

一、前言

泰國是臺灣重要的國際經貿合作夥伴，也是我國推動新南向政策的重點國家。「2025 臺泰產業鏈結高峰論壇」於 9 月 9 日在

泰國曼谷舉辦，我國由經濟部產業發展署支持，全國工業總會主導，食品所、工研院、資策會、車輛中心及電機電子工業同業公會共同推動臺泰產業交流及促成商機。本所生資中心謝松源主任

Kongsawat 代理主任指出，泰國食品藥品監督管理局（泰國 FDA）的一份公共衛生部通知（(NO.346)B.E.2555(2012)，提出「關於食品中益生菌微生物的使用」文件中的第二條：「含有益生菌微生物的食品應是由泰國 FDA 批准的微生物」。目前正面表列清單有 23+1 菌種核准添加於產品，有超過 2,000 產品批准，食品類形式有膳食補充劑；調味乳、發酵乳及乳製品；密封容器飲料；即食食品；咖啡；嬰兒配方奶粉、嬰幼兒食品及特殊嬰兒食品；體重控制食品；其他特殊用途食品。

- (3) 台灣食品所生資中心謝松源主任介紹，作為台灣唯一具多重國際認證的微生物保存與分讓的研發單位，如何在台灣乳酸菌產業發展上扮演重要角色，並研發多元的乳酸菌應用領域，以技術移轉或輔導廠商進行新產品研發。
- (4) 台灣葡萄王生技股份有限公司 (Grape King Bio Ltd.) 介紹多株功效性乳酸菌，分別應用在荷爾蒙和情緒支持、關節和軟骨支持、菸癮管理和代謝支持等領域。
- (5) 台灣喬璞科技股份有限公司 (Jope Technology Co., Ltd.) 專精於天然原料的綠色萃取製程技術，提供從研發階段到生產階段的整合服務，全方位整合層析與超臨界流體技術的核心創新應用。
- (6) 均昇科技公司 (Welltech Life-science Co., Ltd.) 介紹其研發產品，具有的治療效果，包括預防癌症生長和復發、抑制轉移、誘導癌細胞凋亡。
- (7) 泰國綠源股份有限公司 (Thai

Green Nation Corporation Co., Ltd.) 是專責泰國市場與東協各國原料與加工技術服務，提供客製化產品設計。從原料搜尋篩選、測試 / 評估、採購、產品調配、品管驗收、包裝、庫存管理、裝櫃、裝運等一條龍的專屬服務，為飲料產業提供多樣化解決方案。

- (8) 泰國 Specialty Innovation Co., Ltd. 以當地的草藥研發活性植物成分，生產營養保健原料及原料藥，公司產品及市場的策略包括：活性植物成分、協同效應、輸送系統和臨床試驗。
- (9) 泰國 Medifoods (Thailand) Co., Ltd. 是研發營養保健品的生技公司，其中一種針對癌症病人使用的產品研發策略是：在治療前，可作為免疫增強劑，幫助補充能量，緩解疲勞；在治療過程中，作為輔助治療，增強療效、減少副作用，提高病人的生活品質；在追蹤護理期，則改善全身機能、降低復發風險。

三、參訪泰國 Specialty Innovation Co., Ltd.

Specialty Innovation Co., Ltd. (SI) 於 2012 年成立，提供一站式原創製造 (OIM) 解決方案，產品涵蓋藥妝、營養保健品、草本產品和醫療器材，採用可追溯的天然原料，不含潛在有毒化學物質，採用高科技綠色生產，獲得能源與環境設計領導認證 LEED 金牌級工廠認證，亦符合全球標準的認證 (GMP PICS / FSSC22000)。

產品研發與配方需經過科學驗證：(1) 活性植物成分：了解有活性的化學成分，兼顧純度和安全性的同時，找到不同劑型的最佳功效；(2) 協同效應：增強萃取物的

協同效應，提高生物利用度，達配方最高效率；(3) 輸送系統：用於活性成分的輸送系統，可選擇釋放時間，除達預期功效外，可降低副作用；(4) 臨床試驗：臨床研發進行安全性和有效性的測試。

SI 公司的目標是，草本產品完全可追溯的草本成分，透過當地農民和企業家，掌控天然植物供應鏈，著重產品安全性和可靠性產品。原料藥以天然萃取活性植物成分，涵蓋 300 多種已上市產品。藥妝原料的研發標的有抗皺、抗過敏、抗污染、疤痕和傷口護理、亮白等 5 項。保健原料則有靈芝、黑薑、凹唇薑、苦瓜和辣木。產品形態多元，包括凝膠、乳霜、潤唇膏、棒狀產品、精油、茶包，攝取方式：錠劑、膠囊、軟膠囊、咀嚼片、藥物釋放、水凝膠、微針 (microneedle) 的遞送藥物方式。在整個價值鏈中節約能源和環境，實施生物循環綠色經濟模式，達到創新與永續的目標。

四、參訪泰國博仁大學健康與保健學院

泰國博仁大學 (Dhurakij Pundit University, DPU) 已有 56 年歷史。近年 DPU 積極推動為綠色大學，健康與保健學院 (College of Health and Well, CHW) 則推廣綠色理念 - 綠色診所、綠色藥房和綠色工廠等三項領域，具體落實在研發產品種類，則有草藥、草藥補充劑、植物性化妝品、草藥萃取物。

CHW 院長 Surapote Wongyai 副教授認為，在整體健康的管理上，泰式按摩是一種有益健康方式，以達到身心靈互動、和諧與平衡。CHW 積極投入在草藥和泰式物理治療按摩（十經絡按摩）



圖一、食品生技產業交流現場參與互動熱絡。



圖二、參訪 Specialty Innovation 公司雙方合照。



圖三、參訪博仁大學健康管理學院雙方合照。

的學術研究、教學、人才培訓、產品研發、生產建構、商業推廣等經營。目前在 DPU 泰國醫學診所中，已有 277 種泰式草藥或其萃取物。

開發泰國傳統草藥療法具有預防和治療非傳染性疾病的潛力，泰國草藥中富含重要藥理活性的化學物質，可作為抗氧化劑和抗發炎劑，為功能性食品產業開發抗衰老產品。在疾病研發的標的，包括：高血壓、糖尿病、腎功能障礙；肥胖、高膽固醇；癌症、惡性腫瘤；神經和腦部疾病；血液和淋巴系統疾病；性功能障礙與泌尿系統疾病；呼吸系統疾病（慢性阻塞性肺病）；過敏和發燒；消化系統疾病；皮膚、骨骼、肌肉疾病；甲狀腺功能障礙；排毒等 12 項。另一方面，在抗衰老植物化妝品之研發標的則有抗皺、美白、保濕、抗氧化和防曬等 5 項。

以下舉三種原料說明其使用部位和適應症：薑黃（泰語 Khamin），藥用部位是根莖，適應症有抗脹氣、治療消化性潰瘍、治療昆蟲叮咬、治療傷口；木果樹（泰語 Matoom），藥用部位是果實，主治治療噁心、嘔吐；紫荊花萃取物可以降低血液酒精含量，具有作為解酒藥物的潛力。

五、結論

隨著腸道微生物組及益生菌等研究深化及產業發展，以腸道健康為基礎的商機無限。藉著本次的交流，臺灣及泰國進一步強化合作，不管是微生物、植物及動物性關鍵原料，開發多元性保健營養素材及組合配方，建立大健康產業的創新商業模式，聚焦於高齡及個人化精準健康領域，開拓並搶攻全球市場。

第十三屆益生菌、益生元和新食品會議 (13th Probiotics, Prebiotics & New foods)

生資中心 / 副研究員
李艾芸

第十三屆「益生菌、益生元與新食品」國際會議 (13th Probiotics, Prebiotics & New foods) 於 2025 年 9 月 14 至 16 日在義大利羅馬的 Confindustria 會議中心舉行，並結合「第四屆科學與商業研討會」(4th Science & Business Symposium)，以小型精英化模式進行。Confindustria 為義大利主要產業聯合會，其影響力遍及全國，會議地點也象徵產業與科學的結合。此次會議著重於三大主題：基礎科學、臨床應用及新食品，透過這三大面向的量身學習設計，大會成功轉化傳統研討會形式，打造具互動性與針對性的專業交流平台，讓與會者可依其專業背景與興趣規劃最適切的學習路徑。

以下摘要會議中幾個講座演講重點：

Prof. Douwe van Sinderen 為愛爾蘭科克大學微生物學教授及 APC 微生物組研究中心創始成員，專長於乳酸菌噬菌體的基因體學與分子生物學。他以「感染乳酸菌的噬菌體的基因體學和分子生物學」(Genomics and molecular biology of bacteriophages infecting lactic acid bacteria) 為題，指出噬菌體對發酵工業的重大威脅，其感染速度快且具專一性，可在短短 40 至 50 分鐘內摧毀整批菌群，癱瘓整條生產線。更具挑戰的是，噬菌體極難清除，即

使使用巴氏殺菌處理亦無法徹底根除。其感染過程仰賴尾部結構與特定受體結合蛋白 (RBP)，能準確識別乳酸菌表面的多醣類受體，以完成 DNA 注入。為抵禦噬菌體，乳酸菌演化出如限制修飾 (Restriction Modification, R-M) 系統、吸附阻斷、頓挫感染 (Abortive Infection, Abi) 系統及 CRISPR 等防禦機制。然而，噬菌體高度變異，能迅速逃脫這些防線。van Sinderen 特別指出，防禦機制常載於質體與可動基因元件，使菌株可快速獲得或失去防禦力，也造成基因穩定性下降。同時他也強調，噬菌體與乳酸菌之間的軍備競賽仍將持續，發酵產業必須不斷監控與調整，以維持產品穩定性與安全性。

Prof. Duccio Cavalieri 是全球釀酒酵母生態學與生物學領域的領導專家之一，也是研究微生物在發酵食品生產中應用的權威。現任教於義大利佛羅倫斯大學，長期關注微生物組與人類健康的共演化關係。在此次會議中，他以「訓練免疫力與新一代酵母益生菌」(Trained immunity and the next generation of yeast probiotics) 為題，探討酵母菌於腸道微生物生態及免疫調節中的潛力，並聚焦於釀酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 與布拉氏酵母菌 (*Saccharomyces boulardii*)。他指出儘管酵母無法定殖腸道 (約 10

天即消失)，但此「非定殖」特性反倒降低慢性感染風險，需持續補充以維持保健效益。此外，酵母與宿主性別及老化相關性也被提出，研究顯示女性真菌多樣性高於男性，且老化會使其降低。在免疫誘導方面，*S. boulardii* 在 IL-17 表現較弱，並能維持 IL-6 應答至少 6 天，這代表其為「較溫和但持久的免疫活化態勢」，以突顯其具有免疫訓練與調節潛力。動物及昆蟲實驗進一步證實其能降低腸道梭菌屬 (*Clostridium*) 的比例，提升抗感染力，且與益生元 (如菊苣根) 或乳酸菌共培養亦能強化發酵效率與菌體生存率，突顯益生元應用潛力。最後他也呼籲，研究與產業應從單一益生菌觀點擴展至微生物群落介入，重新審視真菌在腸道中的積極角色，不應再將其簡化為潛在病原體。

PhD. Philippe Langella 為法國國家農業、食品與環境研究所 (INRAE) 的研究主任，在此次會議中介紹普氏糞桿菌 (*Faecalibacterium prausnitzii*) 作為次世代益生菌 (Next Generation Probiotics, NGP) 於腸道與免疫調節的潛力。他指出 *F. prausnitzii* 與多種腸道疾病 (如克隆氏症、潰瘍性結腸炎及腸躁症等) 呈顯著負相關，並在腸道菌群失衡者中明顯下降。該菌除了能產生丁酸，還能分泌抗發炎蛋白 MAM，在動物模型中展現保護效應，且不同菌株間效力有別，凸顯個體化選菌的重要性。進一步研究顯示，其衍生菌株 EXL01 可與 PD-1 抑制劑聯合應用於癌症免疫治療中，有效逆轉抗生素造成的免疫抑制，提升腫瘤控制與延長小鼠存活率，目前該策略已進入針對多種癌別的第二期臨床

試驗。總結來說，Langella 強調 *F. prausnitzii* 不僅具腸道保健與抗炎特性，更可能作為新興活體生物製劑 (Live Biotherapeutic Product, LBP)，成為輔助癌症治療的重要工具，並為個人化微生物治療開啟新篇章。

PhD. Anneleen Segers 為比利時阿克曼西亞公司 (The Akkermansia Company, TAC) 的實驗室主管。在此次會議中介紹了經巴氏殺菌處理的嗜黏蛋白阿克曼氏菌 (*Akkermansia muciniphila*) 對腸道與代謝健康的潛在益處。該菌自 2004 年由 Willem de Vos 教授團隊自健康人體腸道中首次分離，具備以腸道黏液為唯一碳氮來源的特性，主要分布於腸黏膜層，與宿主互動密切。研究發現其豐度與健康呈正相關，肥胖、糖尿病及發炎性腸病患者常見其菌量下降。動物實驗顯示補充 *A. muciniphila* 能改善胰島素敏感性、強化腸道屏障，甚至對情緒與癌症模型也具潛力。尤其是經 70°C、30 分鐘巴氏殺菌處理後的「死菌」效果優於活菌，具良好安全性，並保留免疫調節功能，主要歸因於具熱穩定性的關鍵蛋白 Amuc_1100。此蛋白透過 TLR2 路徑促進腸道屏障修復並抑制發炎。在人體臨床試驗中，巴氏殺菌後的 *A. muciniphila* 展現良好安全性與療效，特別對腸道中菌量偏低的肥胖者效果顯著，可改善胰島素敏感性並預防體重回升。此菌於 2020 年獲得歐盟食品安全局 (EFSA) 核准作為新型食品，未來有望進一步應用於代謝症候群及腸腦軸相關疾病，展現其作為後生元 (postbiotics) 的臨床潛力。

PhD. Marie-Luise Puhlmann 在本次演講中探討了菊苣根

(chicory root) 所含內源性纖維 (intrinsic fiber) 對腸道與代謝健康的深遠影響。她強調，相較於單一型態的纖維，植物性全食物中的內源性纖維 (即由纖維素構成骨架、半纖維素加強、並由果膠黏合)，能有效延遲其在腸道中的分解時間，使纖維順利進入結腸遠端發酵，進一步產生有益的短鏈脂肪酸 (SCFAs)。她團隊以乾燥菊苣根作為食材，針對糖尿病高風險族群進行短期 (5 週) 與長期 (12 週) 隨機對照試驗，結果不僅可改善排便頻率與糞便稠度，亦能增加雙歧桿菌 (*Bifidobacterium*) 與厭氧菌數量、降低血糖波動、提升胰島素敏感性、減少血漿三酸甘油酯，並觀察到脂肪重新分布。更進一步的研究指出，乾燥菊苣根可能改善腸道通過時間與睡眠品質，暗示其對腸腦軸的正向影響。總結以上，Puhlmann 認為全食物型的內源性纖維在維持腸道屏障、改善代謝症狀上，遠勝單一纖維補充，對於預防糖尿病與代謝症候群具有重大潛力。

Prof. Ciaran Forde 為感官與營養行為學專家，任教於瓦赫寧根大學。此次會議中針對「食物的質地與能量密度如何無形中影響我們的進食模式與總能量攝取」進行探討。他指出，液態食物如湯、果汁、奶昔等，相較於固態食物較難引發飽足感，因此更容易導致攝取過量。人類對食物熱量密度的直覺判斷並不準確，常會低估高能量密度食物的攝取熱量，而這與食物的體積感與質地特性密切相關。Forde 特別強調「進食速率」作為關鍵行為指標，進食速度越快，攝取總熱量越高；而食物的物理性質 (如硬度與需咀嚼程度) 能有效延長

進食時間並提升飽足感。他認為食品設計應結合感官科學與營養行為學，透過質地設計來間接影響人們的進食行為。例如，讓高熱量食物變得難以快速吞嚥，或是添加纖維以延長咀嚼時間，皆為可行策略。這些策略尤其適用於兒童飲食教育，有助於培養良好的進食節奏，進而預防肥胖與代謝性疾病。

Prof. Frederico Barros 為巴西索薩聯邦大學食品科技系副教授，專長於植物來源糧食與副產物中生物活性化合物、抗氧化成分與碳水化物的功能性研究。他領導的研究團隊 (BIOCARB) 深入探討穀物和水果這類未充分利用的原料，如此次的講題主角一香蕉。巴西雖為全球第四大香蕉產國，但由於保存期限短，導致大量香蕉在供應鏈中遭浪費。Barros 團隊以循環經濟為核心理念，研究如何利用未成熟綠香蕉及其果皮製成具營養與機能性的粉末，以減少浪費並創造高價值應用。傳統香蕉粉多來自成熟香蕉，不僅色澤暗沉、抗性澱粉含量低，Barros 團隊則創新使用「非常未熟」的綠香蕉，透過優化前處理與烘乾條件，成功保留高達 50% 的抗性澱粉，並改善顏色與功能性。他們亦將香蕉皮加入配方，比例達 10–20%，顯著提升非澱粉類膳食纖維與酚類抗氧化物含量 (如阿魏酸、蘆丁)。在動物實驗與人體試驗中，這種「果肉 + 果皮」的香蕉粉展現優異效果，能減少體脂、穩定血糖、改善血脂與心血管風險指標，並促進短鏈脂肪酸生成，支持腸道有益菌如雙歧桿菌與 *F. prausnitzii* 的生長，抑制致病菌優勢發展。Barros 強調，這種新型香蕉粉不僅適用於無麩質產品與健康零



圖一、本會議中學者口頭發表的會場之一。

食，亦可成為兒童營養品原料，為可持續與功能性食品研發開創新局。他呼籲產業應重新定位香蕉的膳食價值，將其視為具益生元潛力的營養來源，積極導入於預防代謝疾病與促進腸道健康的應用之中。

在滅活死菌及其定量研究方面：在一項針對八株商業益生菌的研究，比較其活菌與熱滅活形式在細胞穩定性與代謝能力上的差異。結果顯示，雖然滅活處理會使有機酸的產量下降，但仍保有一定的功力，並表現出明顯的菌株特异性差異，突顯後生元設計應「因菌制宜」。而在品質控制與偵測方面，義大利團隊則使用了一套可於四小時內區分活菌與死菌的多重 PMA-qPCR 技術，結合 PMA 染劑與螢光標記，具高靈敏度與高通量，成功克服傳統培養法無法檢測 VBNC (Viable But Non-Culturable) 細胞的侷限，

為後生元產品開發與品質監控提供了更有效的工具。

本次第十三屆「益生菌、益生元與新食品」國際會議，為腸道微生物及相關領域注入前所未有的動能，從基礎科學面向聚焦微生物組交互作用、代謝機制及遺傳學創新研究；臨床應用則探討益生菌在腸胃疾病、過敏、精神健康與代謝症候群的實際運用；新食品方向則專注於功能性食品與個人化營養的開發，涵蓋新菌株應用、永續製程與市場策略的延伸。對於 BCRC 而言，參加國際研討會的用意不僅在於增加對全球產業動態資訊收集，更是增進對微生物前瞻技術於生技產業應用及國際研發趨勢之了解，以助於提供研發的參考。期待未來 BCRC 可從「菌種庫」躍升為「功能型菌株解決方案提供者」，進一步鏈結產業、研究與永續發展的目標，開創微生物科技的新局。

株 (*Burkholderia gladioli* pathovar *cocovenenans*, BGC) 在特定條件下所產生之粒線體毒素，是一種穩定的小分子化合物，能耐受高溫與酸鹼變化，因此烹煮後仍具有強烈毒性。邦克列酸中毒事件，最早可追溯到 1895 年印尼爪哇島的椰子發酵餅 (Tempe Bongkrek)，其由黃豆和椰渣經 *Rhizopus oligosporus* 發酵製成。自有 BA 中毒案例紀錄以來，中毒事件主要發生在中國和東南亞地區，在 2010 至 2020 期間，中國所發生案例中有 73.3% 發生在中國南部及西南部地區，多為自製發酵玉米粉製品、地瓜粉、銀耳製品變質或保存不當所引起。亞洲以外地區的 BA 案例，則有 2015 年莫三比克的 pombe (使用玉米、高粱等農作物釀製的啤酒) (Zhang *et al.*, 2023)。因應 BA 對食品安全所造成之風險，食品所 BCRC 依衛生福利部發布之相關檢驗指引，建置 BA 檢測分析方法，以提供國內食品及餐飲業者檢驗應用，強化食品安全監測能力。

二、邦克列酸之基本特性

目前已知在 60 多種伯克氏菌中 (*Burkholderia* spp) 只有 BGC 在特殊環境下能產生 BA 和毒黃素 (Toxoflavin)，此類特殊環境條件包括溫度介於 22–30 °C、鹽濃度低於 2%，以及含有特定脂肪酸組成 (其中以油酸最有利於 BA 的生成) 的食材。常見受 BA 污染的食物包括經磨漿後的穀類或麥類加工產品，例如河粉、涼皮、發酵玉米麵與糯米圓等製品，這些加工品若未及時進行乾燥處理，抑或製作完成後無即時低溫儲存，易導致變質並產生毒素，此外，乾燥木耳與乾銀耳在室溫

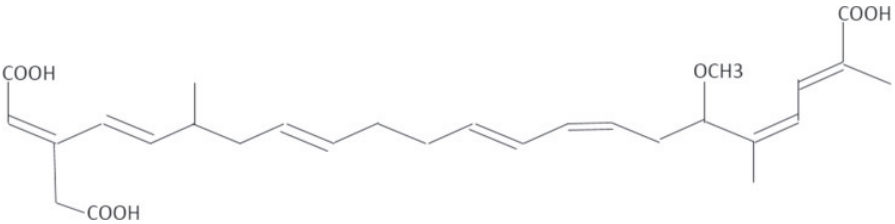
食品鏈中之邦克列酸檢驗分析技術

生資中心 / 副研究員
林玟縉

一、前言

2024 年台灣發生粿條受邦克

列酸 (Bongkrekic acid, BA) 污染，導致消費者中毒的重大食安事件，引起社會高度關注。BA 是由唐菖蒲伯克氏菌椰毒病原型菌



圖一、邦克列酸之結構 (Anwar *et al.*, 2017)

下長時間泡發亦可能造成污染。BA 為一種無色、無臭、無味且具熱穩定性的高不飽和甲氧基三羧酸，其化學結構如圖一所示。其毒理機制為抑制粒線體腺嘌呤核苷酸轉運酶 (adenine nucleotide translocase, ANT)，阻斷 ADP 與 ATP 的交換，進而導致細胞能量代謝癱瘓，引發多重器官衰竭。中毒症狀通常在攝入後數小時內出現，表現為嘔吐、腹瀉、肌肉無力與呼吸困難，嚴重者可致死亡 (Han *et al.*, 2023)。

三、食品鏈中之邦克列酸檢驗

BA 毒素之生成受許多因素影響，包括原物料種類、加工過程之環境及條件 (如溫度、濕度及 pH 值)、食品貯存條件等，BA 可能存在於原料、食品成品、加工設備或器具上，因此 BCRC

參照 2021 年 6 月 29 日衛福部食藥署公告之「食品中微生物衛生標準採樣計畫之採樣原則指引」及「食品中邦克列酸檢驗方法 (TFDAT0005.0)」，建立食品及食品生產環境檢體之 BA 分析方法。BCRC 所建立之 BA 標準曲線及 MRM 圖譜如圖二所示，檢測極限為 5 ppb，且具良好再現性。此方法已具備穩定與可靠的檢測能力，可進一步應用於產業及消費者之委託檢驗服務。

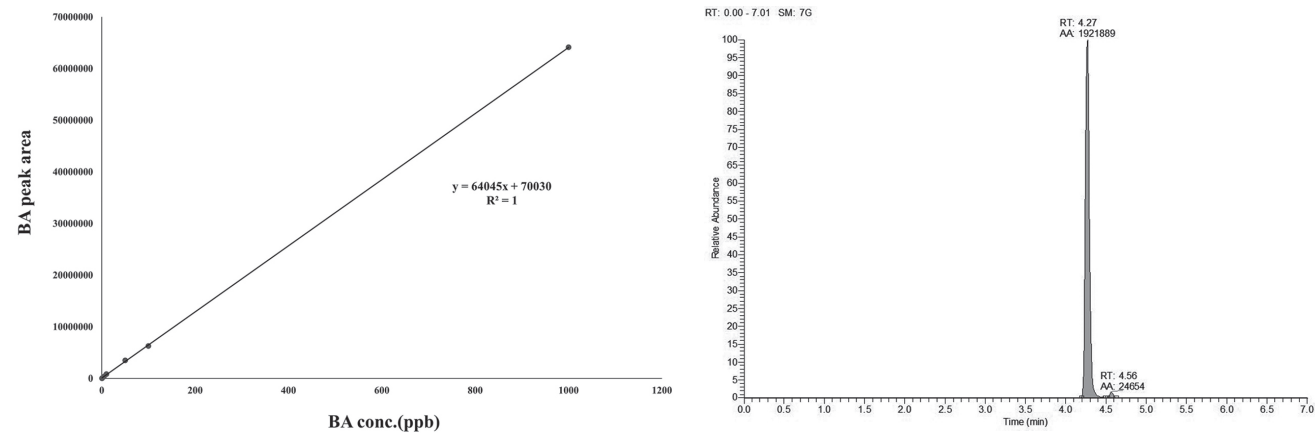
四、結語

受到唐菖蒲伯克氏菌椰毒病原型菌株污染的原料與成品，可能造成邦克列酸中毒，對食品安全構成嚴重甚至致命的威脅。為降低風險，食品所協助衛福部在食品衛生安全教育上加強宣導，提升消費者對 BA 危害的認識，並推廣正確的食品保存方式與適

宜環境之維護。同時，BCRC 亦積極強化 BA 檢測服務量能，建立完善的分析方法，提供業者與消費者可靠的檢測平台，共同為食品安全把關。

五、參考文獻

衛生福利部食品藥物管理署。食品中邦克列酸檢驗方法 TFDAT0005.00。
2024 年 4 月 29 日公告。
Anwar M, Kasper A, Steck AR, Schier JG. 2017. Bongkreic acid-a review of a lesserknown mitochondrial toxin. *J Med Toxicol*, 13(2)
Zhang H, Guo Y, Chen L, Liu Z, Liang J, Shi M, Gao F, Song Y, Chen J. and Fu P. 2023. Epidemiology of foodborne bongkreic acid poisoning outbreaks in China, 2010 to 2020. *PLoS One*, 11:18(1)
Han D, Chen J, Chen W, Wang Y. 2023. Bongkreic acid and *Burkholderia gladioli* pathovar cocovenenans: formidable foe and ascending threat to food safety. *Foods*, 12(21):3926.



圖二、BCRC 以 LC-MS/MS 建立邦克列酸標準品之標準曲線及 MRM 圖譜 (a) 邦克列酸標準品之標準曲線，(b) 邦克列酸標準品之 MRM 圖譜

從諾貝爾獎 Tregs/Foxp3 理論看腸道菌的免疫調節潛力

生資中心 / 副研究員
魏育慧

一、前言

2025 年諾貝爾生理醫學獎的頒發，標誌著免疫學界對免疫系統「自我節制」機制——調節性 T 細胞 (Tregs) 及其關鍵轉錄因子 Foxp3——的重大肯定。這一突破性發現揭示了免疫系統除了啟動防禦外，還必須透過 Tregs 的主動調控來維持「免疫耐受」，防止免疫反應過度或誤傷自身組織，從而避免慢性發炎與自體免疫疾病的發生。近年來，跨領域研究進一步揭示人體共生腸道菌群在免疫耐受維持中的關鍵角色。這些與宿主免疫系統長期共演化的微生物，能透過多重途徑直接誘導或增強 Tregs 的分化與功能，成為維持周邊免疫平衡的重要推手。隨著這一認識的深化，「腸道菌—Tregs 軸線」逐漸被視為連結宿主免疫健康與微生物生態的關鍵核心。本文旨在以諾貝爾獎得主的 Tregs/Foxp3 理論為基礎，探討腸道菌群在未來免疫調控與疾病治療中所蘊含的巨大潛力。

二、2025 諾貝爾獎的喝采——Tregs 與免疫耐受的關鍵機制

2025 年諾貝爾生理醫學獎頒給 Mary E. Brunkow、Fred Ramsdell 與 Shimon Sakaguchi，以表彰他們在調節性 T 細胞 (Regulatory T cells, Tregs) 及其關鍵轉錄因子 Foxp3 發現上的突出貢獻。Tregs 的核心功能在於主動抑制過度免

疫反應，維持免疫耐受與免疫平衡。這項發現被譽為揭開「周邊免疫耐受機制」的里程碑，對免疫系統如何去應對逃脫中樞清除的自體反應性 T 細胞 (self-reactive T cells) 提供了具體的細胞與分子基礎。

Foxp3 是 Tregs 分化與功能的主調控因子，其功能缺陷會導致嚴重的全身性免疫失衡與多系統發炎反應，充分顯示 Tregs 在防止自體免疫攻擊中的關鍵角色。進一步研究揭示，Tregs 透過分泌抑制性細胞激素 IL-10 與 TGF- β 來調節免疫反應；其中，TGF- β 能誘導初始 CD4⁺ T 細胞表達 Foxp3 並分化為誘導型 Treg (iTreg)，而 Treg 分泌的 IL-10 則在限制黏膜組織發炎、維持環境免疫穩定中扮演關鍵角色。這些研究奠定了對「免疫耐受」在分子層次的理解，並確立了 Tregs 作為主動免疫抑制中心的地位。

Foxp3 的發現將免疫耐受從抽象概念轉化為可具體操作的主動調節機制，使「免疫抑制」成為可臨床介入的治療方向。這一突破不僅深化了對自體免疫疾病的理解，也推動了癌症免疫治療與器官移植免疫調控策略的發展。目前，針對 Tregs 誘導或功能增強的相關療法已進入臨床試驗階段 (The Nobel Prize, 2025)。

三、腸道菌—Tregs 軸線：微生物調控免疫耐受的關鍵分子機制

Tregs 和 Foxp3 核心地位的確立，為免疫學界探索環境因素如何調控 Tregs 的生成與功能提供了明確標的。腸道作為人體最大的免疫器官，其共生菌群是調控 Tregs 活性與穩定性的關鍵環境因素。不過，腸道菌群並非直接作用於 T 細胞，而是透過代謝物與免疫細胞的訊號互動，形成「腸道菌—免疫耐受軸線」。此軸線的核心機制是調控 Foxp3 的表達，進而影響 Tregs 的分化與功能穩定。

(一) 短鏈脂肪酸 (SCFAs)：核心代謝訊號與表觀遺傳調控

腸道菌發酵膳食纖維所產生的短鏈脂肪酸 (SCFAs)，尤其是丁酸與丙酸，被視為目前證據最一致的 Tregs 誘導關鍵代謝物。這些 SCFAs 能穿越腸道屏障並直接作用於免疫細胞；同時亦透過表觀遺傳調控 (例如促進 Foxp3 啟動子乙酰化) 來穩定 Tregs 的分化與抑制型表型。此外，SCFAs 會調控樹突細胞 (DC) 與其他抗原呈現細胞，使它們偏向分泌耐受性細胞激素 (如 TGF- β 與 IL-10)，進一步促進 Tregs 的誘導與功能成熟，形成多層次的免疫耐受網絡。

值得注意的是，「腸道菌—Tregs 軸線」的影響是雙向的，Tregs 本身也會反向塑造腸道微生物生態。Tregs 所分泌的 IL-10、TGF- β 與上皮相關的調控因子 (如

amphiregulin) 能維持上皮屏障完整性、降低過度發炎反應，間接支持益生共生菌的定殖並抑制致病菌擴張。因此，SCFAs 不僅驅動 Tregs 的分化，Tregs 亦會透過免疫調控機制回饋調節腸道菌組成，形成相互促進的腸道菌 – Tregs 軸線。

(二) 關鍵菌株的誘導機制與分子介導

除了 SCFAs 之外，多種特定菌株也能透過其獨特的分子產物直接誘導 Tregs 的生成：

- A. 產丁酸菌群：*Clostridia clusters* IV 與 XIVa 作為主要的丁酸生產者，通過丁酸作用促進腸道黏膜 Tregs 的穩定與擴增。
- B. 胞壁多醣介導：*Bacteroides fragilis* 透過其胞壁多醣 (Polysaccharide A, PSA) 與樹突細胞表面的 TLR2 受體結合，啟動抗發炎訊號通路，進而誘導局部及全身 Tregs 的生成。這項發現確認了微生物的結構部分也能直接參與免疫耐受的誘導，為腸道菌群影響免疫系統發育與穩態維持提供了重要的分子基礎。此外，PSA 調控的 Tregs 主要分泌 IL-10，在腸道發炎模型中可有效抑制過度免疫反應，顯示此機制對維持黏膜免疫平衡具有關鍵生理意義。
- C. 分泌型抗發炎分子：*Faecalibacterium prausnitzii* 通過分泌特異抗發炎分子間接促進 Tregs 活性，維持腸道免疫微環境的平衡。
- D. 強化 Foxp3 表達與 Tregs 誘導：常用的益生菌，如 *Lactobacillus* spp. 與 *Bifidobacterium* spp.，在動物模型及部分臨床研究中也顯示能有效增強 Tregs/ Foxp3 的誘導，展現其潛在的

免疫調節作用。

(三) 腸道免疫微環境與全身性調節

腸道菌群與宿主免疫細胞 (包括樹突細胞、巨噬細胞與腸道上皮細胞等) 之間的交互作用，共同塑造了一個有利於免疫耐受的微環境。這些細胞在感知菌群代謝物後，會釋放抑制性細胞激素，如 TGF- β 和 IL-10，這對 Tregs 的分化和功能維持至關重要。值得注意的是，這些由微生物誘導的 Tregs 不僅局限於腸道局部，它們還可以經血液和淋巴系統遷移至全身，對遠端組織的免疫反應產生抑制作用，從而在調節慢性發炎、自體免疫疾病以及過敏反應中發揮重要功能。

(四) 菌群失衡與疾病風險

當腸道菌群發生失衡 (dysbiosis) 時，SCFAs 及其他免疫調節分子的產量下降，將可能導致 Tregs 功能下降或數量減少，增加慢性發炎及自體免疫疾病的風險。因此，維持腸道菌群的多樣性和健康對於免疫平衡的維持具有關鍵作用 (Sharma *et al.*, 2025)。

四、臨床應用潛力：從分子機制研究到臨床免疫治療

腸道菌 – Treg 軸線的發現，為免疫失調相關疾病開啟了新的治療方向。這種治療策略的核心不只是補充益生菌，而是更進一步地理解菌群如何精準調控免疫耐受，並將這些機制應用於臨床治療之中。

(一) 自體免疫疾病：修復 Treg 缺陷與功能重塑

在發炎性腸道疾病 (IBD) 與類風濕性關節炎等自體免疫疾病中，腸道菌群失衡常導致短鏈脂肪酸等免疫調節分子產量下降，進而影響 Treg 功能。值得注意的是，患者體內的 Treg 數量未必不足，而是功能失調，甚至可能轉變為分泌 IL-17 或腫瘤壞死因子 (TNF) 的致病性亞型。

因此，治療重點不在單純增加 Treg 數量，而是恢復其免疫抑制能力。研究者嘗試利用具 SCFA 產能的特定菌株 (如 *Clostridia clusters* IV/XIVa) 或其代謝物 (postbiotics)，重建腸道免疫耐受環境，修復 Treg 功能，從而緩解慢性發炎。

(二) 癌症免疫治療：精準調控的「雙刃劍」

Treg 在癌症中扮演雙重角色：早期可抑制慢性發炎，降低腫瘤形成風險，但在腫瘤微環境 (TME) 中可能成為「保護腫瘤」的幫兇。Treg 在 TME 中表現出高度抑制性，壓制細胞毒性 T 細胞 (CD8⁺ T 細胞) 等的抗腫瘤免疫活性，削弱免疫檢查點抑制劑 (Immune Checkpoint Inhibitors, ICI) 療效。

未來研究重點之一，是區分並精準調控不同空間或功能亞型的 Treg。腸道菌群能影響 Treg 在腫瘤基質 (intrastromal region) 的分佈與性質，與患者預後相關，也提示微生物介入可能成為癌症免疫治療的新輔助策略。

(三) 從粗放到精準：新型微生物療法

針對 Treg 軸線的調控策略，正在從「粗放」走向「精準」。糞菌移植 (FMT) 已在治療復發性艱難梭菌 (*Clostridioides difficile*)

感染中取得明確成效，並在潰瘍性結腸炎(UC)等免疫疾病的臨床試驗中展現潛力，但仍面臨供體差異、療效不穩定及安全性等挑戰。

因此，研究者轉向開發組成明確且標靶精準的活體生物製劑(Live Biotherapeutic Products, LBP)；由已知具免疫調節作用的菌株組成精準菌群，確保功能穩定、靶點明確，是未來免疫治療的重要方向。

同時，純化的菌群代謝產物——後生元(postbiotics)也顯示高度潛力，例如直接給予具有Treg誘導作用的多醣A或高濃度SCFA，不需依賴菌種定殖即可調節免疫反應，開啟「無需活菌定殖即可發揮菌群功能」的後生元療法新思路。

(四) 擴展應用：靶向代謝與生物降解

腸道菌的臨床應用已超越單純免疫調節，延伸至利用其代謝活性進行精準介入：

(一) 代謝物降解：特定菌株可降解內源性代謝毒素，例如 *Limosilactobacillus fermentum* GR-3 改善高尿酸血症，*Oxalobacter formigenes* 分解草酸鹽降低腎結石風險。

(二) 污染物解毒：益生菌可吸附或降解黃麴毒素、有機磷農藥，甚至還原重金屬Cr毒性，提供傳統藥物難以比擬的解毒作用。

(三) 免疫代謝連動：代謝產物亦可間接增強抗癌免疫，例如 *Lactobacillus reuteri* 將膳食色胺酸代謝為後生元 indole-3-aldehyde (I3A)，刺激 CD8⁺T 細胞活性，提升ICI療效並抑制腫瘤生長(Sharma *et al.*, 2025; Ji *et al.*, 2023)。

五、挑戰與展望

儘管腸道菌—Treg軸線展現巨大潛力，卻仍面臨諸多挑戰，如：菌株功能的個體差異、代謝產物的組織特異性、以及長期安全性評估等問題仍有待解決。此外，如何建立標準化的菌株篩選與功效評估系統，是推動微生物療法從實驗室走向臨床的重要關鍵之一。

六、結語

腸道菌—Treg軸線的發現，揭示了免疫耐受的關鍵分子機制，也為臨床提供了新的調控策略。微生物及其代謝產物在自體免疫疾病與腫瘤治療中展示了強

大的免疫調節潛力，而新型微生物療法(如LBP與postbiotics)則將這種潛力轉化為可控且精準的臨床工具。

腸道菌群的應用已超越單純補充益生菌，而是結合代謝功能、免疫訊號與組織分佈，為個人化免疫介入提供可能。未來研究將持續探索菌株組合與代謝產物對宿主免疫環境的長期影響，推動慢性發炎、代謝疾病及腫瘤微環境的精準治療。

隨著微生物學與免疫學的深度融合，腸道菌作為免疫調節者的角色將日益凸顯，為下一代微生物療法奠定基礎。

1. Nobel prize, 2025. <https://www.nobelprize.org/>
2. Ji J, Jin W, Liu SJ, Jiao Z, Li X. Probiotics, prebiotics, and postbiotics in health and disease. MedComm (2020). 2023 Nov 4;4(6):e420. doi: 10.1002/mco2.420.
3. Sharma A, Sharma G, Im SH. Gut microbiota in regulatory T cell generation and function: mechanisms and health implications. Gut Microbes. 2025 Dec;17(1):2516702.

生物資源保存及研究簡訊 第144期

發行者：財團法人 食品工業發展研究所

發行人：廖啓成所長

主編：許璦文

編輯：吳琰奇、黃喬盈、吳明德

本著作權依補助契約歸屬財團法人 食品工業發展研究所

地址：新竹市食品路331號

電話：(03)5223191-6

傳真：(03)5224171-2

承印：國大打字行

電話：(03)5264220

ISSN：1021-7932

GPN：2009001214

中華郵政新竹誌字第0030號

交寄登記證登記為雜誌交寄

