

出國報告(出國類別：參加國際會議及研究)

參加 2019 豆類科技論壇及至加拿大 農部貴湖研究中心工作訪問

服務機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

姓名職稱：副研究員兼課長 陳裕星

副研究員 廖宜倫

助理研究員 蘇致柔

派赴國家/地區：加拿大多倫多地區

出國期間：108 年 11 月 4 日至 11 月 9 日(3 人)

108 年 11 月 9 日至 12 月 7 日(1 人)

報告日期：109 年 1 月 30 日

摘要

近年由於健康養生風氣興起及環保意識的抬頭，在作物研究方面，除了傳統注重的生育期、產量等指標外，也開始重視作物營養與人體健康的關係，以及作物栽培對環境衝擊的影響。此次出國參加由美國油品化學家學會(American Oil Chemists' Society)主辦的「2019 豆類科技論壇」，主要聚焦在非油料之豆科作物(pulse)，本論壇邀請加拿大、美國、法國等多國專家學者及業者發表對產業的觀察或研究成果，驅動豆類作物產業發展最主要的動力包括環保永續及營養保健，因為豆類栽培碳足跡為所有作物中最低，更遠低於畜牧業，豆類價格可負擔，也是優良蛋白質來源，長期食用可以降低心血管疾病風險。論壇議題包括產業發展與產銷現況、豆類保健效果與消費者溝通、加工應用、品質與食品安全等四大面向進行探討，並邀請各國學者及產業界對豆類產業現況及未來研究趨勢交流討論。

參與論壇之後，接續執行臺加雙邊合作計畫，參訪貴湖研究中心行程由副所長 Dr. Dan Ramdath 親自接待介紹中心環境、設備、人員與研究方向，及與中心重要研究人員面談。人員包括前任所長 Dr. Elsayed Abdelaal 熱忱介紹藍色及紫色小麥，說明種子花青素與消化代謝研究，及加納利種子的農藝特性、蛋白質品質與發展潛力。與華裔曹榮博士交流其在黃豆與其他機能作物研究，同時發現植物多元酚如花青素也具有益生質的效果，本場則分享近年在紅薏仁抗代謝症候群的研究成果。另外與所長政策助理(Policy Advisor) Ms. Caileigh Smith 交流有關營養均衡米-豆產品的產業發展潛力與合作前景。工作訪問方面，由本場研究人員運用該中心設備，進行米豆產品澱粉含量分析及升糖反應試驗分析為期 3 週，順利完成工作訪問。

目錄

摘要.....	1
壹、 前言及目的.....	3
貳、 行程表.....	4
參、 參加 2019 豆類科技論壇.....	5
肆、 拜訪加拿大農部貴湖研究中心.....	14
伍、 加拿大農部貴湖研究中心工作訪問試驗及報告.....	16
陸、 心得與建議.....	21

壹、前言及目的

近年來追求健康和無肉飲食的蔬食人口與日俱增，美國 Beyond Meat 公司使用非基因改造的豌豆等全植物食材生產「未來漢堡排」，更引領全球消費植物蛋白質的熱潮。根據調查顯示，用植物性蛋白製成的素肉銷售額預計 2030 年將達到 850 億美元，也因此帶動了豆類栽培作物的蓬勃發展，其中加拿大在扁豆、鷹嘴豆及豌豆的栽培產量均為全球前三大生產國及外銷國。因此，加拿大積極推動豆類相關研究，包含其營養保健功效、加工特性、環境衝擊與永續利用等，並積極推廣食用豆類好處及教育消費者，推動豆類產業發展，為我國推動相關國產穀物產業可以借鏡學習之處。參加豆類科技論壇除與國外學者交流，亦可了解國際市場動向及研究趨勢。

行政院農業委員會與加拿大農部於 106 年研議進行雙邊農業科技合作，由臺中區農業改良場與貴湖研究中心(Guelph research and development centre)執行雙邊合作計畫，計畫內容包括人員互訪、辦理研討會及工作訪問等。本雙邊合作計畫於 107 年邀請該中心所長及副所長來台參加雙邊研討會及演講，雙方同意進一步就營養均衡米豆加工食品開發主題展開實質合作，本次拜訪貴湖研究中心即為執行雙邊合作計畫工作事項，由本場研究人員開發米豆米粉，運用該中心設備及經驗，進行米豆米粉升糖指數試驗分析，不僅促進交流，亦帶動雙方知識及經驗共享。

貳、行程表

日期	地點	行程	參與人員
11/4	桃園-加拿大多倫多	去程：搭乘長榮航空 BR36，桃園機場—多倫多皮爾森機場。	陳裕星、廖宜倫、蘇致柔
11/5-11/7	加拿大多倫多	參加豆類科技論壇	陳裕星、廖宜倫、蘇致柔
11/8	加拿大貴湖	參訪貴湖研究中心及與研究人員交流	陳裕星、廖宜倫、蘇致柔
11/9-11/11	加拿大多倫多-桃園	返程：搭乘長榮航空 BR35，多倫多皮爾森機場—桃園機場。	陳裕星、廖宜倫
11/9-12/5	加拿大貴湖	貴湖研究中心實習	蘇致柔
12/6-12/7	加拿大多倫多-桃園	返程：搭乘長榮航空 BR35，多倫多皮爾森機場—桃園機場。	蘇致柔

參、參加 2019 豆類科技論壇(Pulse science and technology forum)

2019 豆類科技論壇為首次由美國油品化學家學會(American Oil Chemists' Society)主辦的全球性論壇，於 11 月 5-7 日在加拿大多倫多舉行。本論壇聚焦在豆科非油料作物，包括豌豆、鷹嘴豆、扁豆、紅豆、綠豆、野豌豆、羽扇豆、樹豆、豇豆、利馬豆等，這些豆類作物油份較低但是富含蛋白質與膳食纖維，澱粉消化速度較慢，在營養與保健方面有多重益處。這些豆科作物栽培方面因可進行固氮作用，肥料投入量及需水量比禾本科穀物低，栽培較為粗放，碳足跡為所有作物中最低者。近年來又因環保人士倡議以植物性蛋白質取代肉類蛋白質，可同時達到補充蛋白質與減碳永續目標，成為農業食品界的重大話題。

本論壇就豆類產業產銷現狀及發展契機、保健與消費者溝通、加工應用、品質與食品安全等四大面向邀請邀請加拿大、美國、法國等國專家演講介紹豆類產業議題，參加人士包括學術界、產業界、政府機關與協會團體人員等，在 3 天的會議期間互相認識，提供豐富意見並討論交流，了解世界產業潮流及研究趨勢。以下為各報告摘要簡述：

一、第一節：豆類於人體營養健康中重要的考慮事項與應用

(一) This changes everything! How plant will reshape Canada's pulse industry.

演講者：Gordon Bacon, CEO, Pulse Canada, Canada

由於全球人口成長，對於蛋白質的需求日益增加，如何取得永續的蛋白質來源成為一大課題，必須考慮多個因素包括可及性、可負擔性(價格)、供應鏈健全性以及環保永續等。以中國為例，中國於 2019 年有 13 億人口，養殖豬隻 5.4 億頭，但是因為豬瘟影響到 4.4 億頭豬的生產，對於豬價與肉類消費造成極大的衝擊，植物蛋白質是替代的可靠來源。

另一方面，全球人口肥胖率不斷提高，連帶的糖尿病與心血管疾病盛行率上升，對各國民眾健康與政府健保支出造成沉重負擔，因此政府主管機構不斷強調健康飲食習慣的重要性，豆類(pulse)為蛋白質含量豐富的作物，包含豌豆(pea)、扁豆(lentil)、鷹嘴豆(chickpea)等，一方面不含膽固醇，富含膳食纖維且升糖指數低，多攝取豆類作為蛋白質來源，在營養保健上有助於血糖調控，並可預防心血管疾病。豆類食品在健康飲食與環境永續性的關連性，使其近年來受到全球關注，以豆類為主成分的食品種類，於 2008 年僅 700 品項，2018 年已增加到 40,000 品項以上。在最近的巴黎氣候峰會中，全球 11,000 位科學家呼籲各國政府正視全球暖化與氣候變遷，其中 20%的科學家同時注意到以植物蛋白質取代肉類蛋白質的重要性，因為估計畜牧業貢獻了全球約 10%的碳排放。

本主題討論北美豆類產業的演變過程，以及藉著對農業、營養及環境管理上的遠見，推廣含有豆類的健康的食品消費，除可降低慢性疾病的風險，也鼓勵生態系統保護。

(二) A system-based approach in pulse research to bolster innovation along the value chain.

演講者：Joyce Boye, Director General, Prairie Region, Agriculture and Agri-Food Canada, Canada

豆類對於世界上許多族群提供健康營養的支持，同時為可負擔的食物，但豆類產業受到氣候變異、貿易障礙、研究開發及技術斷層等問題，在許多未開發及開發中國家，豆類的供給及可負擔性受到挑戰。為了在接下來的幾十年內克服這些挑戰，特別是全球人口成長的背景下，需要創新的方法。透過新的合作夥伴及模式來進行跨領域合作，以加速豆類的產量及建立新的加值產品，例如：如何利用藥物科學中的知識探討豆類對健康的影響；或是已間作及輪作來影響土壤的生物群落，來提高豆類的生產力；如何從外太空得到資料來研究氣候及土壤濕度的對豆類產量的影響；如何從傳統作物栽培經驗中運用多元化種原，用以育成新的豆類抗病抗蟲品種；如何與材料科學家合作，利用豆類萃取後的副產物解決世界的塑廢料問題；抑或是結合豆類研究人員、都市設計及建築師，探索創新的想法。透過跨學科研究團隊及系統化的研究科學方法，激發新的觀念及思考，挑戰傳統的方法，研究及探索新的創新機會。

(三) The role of pulses in sustainable and healthy food systems in low- and middle-income countries.

演講者：John McDermott, Director, Agriculture for Nutrition and Health, International Food Policy Research Institute, USA

未來食物需求量的增長主要來自於低收入與開發中國家，包括中南美洲、中、南非洲、中亞南亞等國，但是這些國家多為依賴自然條件生產型農業，缺乏現代化的農耕與灌溉系統，國際組織如 The International Panel of Experts on Sustainable Food Systems (IPES-Food) 就呼籲各國政府要正視農業生態的議題，包括灌溉水、氣候變遷對各國農業生產系統造成極大的衝擊，聯合國糧農組織從 2011 年起即開始在孟加拉推動農業整合改善計畫，並推及越南、印度等國，試圖確保這些區域的糧食永續生產。

中低收入國家人民同時面臨營養與健康問題，例如營養不良使兒童發育遲緩、缺乏維他命及微量元素、肥胖等，如何導入健康的飲食，增加多樣化的食物供給以改善營養與肥胖問題，豆類作物提供潛在的解決方案。但是在這些國家，要進行糧食轉型也面臨許多挑戰，例如印度為世界上豆類的主要消費，但是印度豆類的栽培、加工及消費，仍未達最適合生產狀態，印度豆類的單位面積產量僅 600-900 kg/ha，同時生產穀物的加工設備多半無法用於豆類加工。雖然豆類有永續性及健康等優點，但這些國家投入在豆類的資源仍相對低於穀類，當中低收入國家的注意力從食物安全移至營養安全時，需考慮更多的作物中立政策 (crop-neutral policies，讓農民自由選擇要種植和販賣什麼作物) 及投資，以增加多樣化食物的供給與消費。

目前豆類生產技術效率的提升及交易量的增加，主要來自於高收入國家。為加強豆類在中低收入國家中的貢獻，需要多元的創新方式，包括農業的耕作規劃，豆類與穀類的輪作或間作、育成高產量品種、不同機構團體的合作，例如農民生產組織與社會企業或公私部門合作，為農民提供資源、知識和進入市場的支持與建構生產供應鏈。為了刺激豆類需求及消費，需要物流、加工及利用上的創新，豆類與穀類在營養上互補，豆類是健康加工食品及補充食品中重要的原料，小型加工豆類(如 beans 及 lentils)的品牌和行銷為提高需求之關鍵之一。豆類亦可以包含進人道主義及公共食物分配，提供充足的植物蛋白質，減少肉類蛋白質的生產與消費，如 EAT-Lancet 協會強調，全球飲食要轉型成永續及健康的食品系統，也需要投資更多資源在豆類以促進全球食品轉型，也需要達成社會共識。

二、第二節：增強消費者對於豆類健康益處的認識

(一) Research on beans and lentils in relation to human health.

演講者：Alison Duncan, Professor, University of Guelph, Canada

在過去十多年間，貴湖大學執行相當多的研究探討扁豆(lentils)及豆子(bean)與人體健康的關係，包含營養含量、與慢性病相關研究及肥胖風險等。這些試驗多半以 25g 豆類取代澱粉類的主食，如麵包(麵粉)、馬鈴薯或米飯，以人體試驗測試食用扁豆後血糖的反應，發現扁豆飯可以降低餐後血糖，紅扁豆瑪芬蛋糕也可以減少餐後血糖反應，不論以紅扁豆或綠扁豆取代馬鈴薯可減少餐後血糖值達 50%，而根據 Blundell 氏等(2010)的研究報告，綠扁豆可以降低食慾。豆子也為適合老年人食用的食物，由體外消化試驗評估豆類產品的消化性，可知道豆類的碳水化合物較為複雜，慢消化澱粉(slow digestible starch, SDS)含量高，自由糖(free sugar)較少，而 SDS 含量高代表該食品升糖指數低，較為低卡路里。本主題介紹受試者選擇、受測樣品、介紹相關的實驗步驟及資料蒐集的方法，結果分析等。並總結出扁豆可以取代碳水化合物，改善餐後血糖及有飽足感，建議調整飲食習慣增加豆類的消費。

引用文獻：

Blundell, J., De Graaf, C., Hulshof, T., Jebb, S., Livingstone, B., Lluca, A., ... & Westerterp, M. (2010). Appetite control: methodological aspects of the evaluation of foods. *Obesity reviews*, 11(3), 251-270.)

(二) Potential of dynamic in vitro digestions to evaluate the carbohydrate digestibility of pulse products.

演講者：Dr. Sijo Joseph, Research Scientist, Agriculture and Agri-Food Canada

在許多動物及人類試食試驗中，豆類皆顯示具有餐後血糖值較低的優點，然而一般加工方法如何影響豆類餐後血糖反應的數據卻非常有限，可能是因為進

行人體試食試驗程序相當繁瑣、成本高、時間長，且於餐後血糖測試上常常受限於每次只能測試少數的幾個因子。為了進行篩選評估，科學家建立了多種動態及靜態的體外消化技術，例如模擬人體消化平台(TIM-1)，雖然這些新的方法還沒有被完整驗證，但是和真正的人體消化過程有相當高的一致性。本研究主要目標為利用動態的體外消化平台與人體試食試驗進行比較，評估 a. 豆類加熱 b. 包含豆類及豆類成分於消化過程中糖類釋放的反應。將擠壓、烘烤或烹煮過的黑豆、豌豆粉末加入 0%、25% 及 50% 於饅頭中、早餐穀類加入豌豆蛋白或豌豆，所得組合產品被放入體外消化平台(TIM-1)，空腹和迴腸透析液樣本則每 30 分鐘收集一次，直到第 6 小時。收集下來的樣品再進一步利用小腸刷狀緣酶(intestinal brush border enzymes)進行處理後，以檢測葡萄糖含量。結果顯示黑豆對於消化反應的影響高度取決於加工的技術，一般而言，以擠壓熟化技術生產的食品消化反應變動比烹調少，蒸饅頭的消化反應速度隨著豌豆含量的增加而下降，含有豌豆萃取物在早餐穀粒中的血糖反應比控制組低，綜合以上，加工技術及豌豆加入的比例能影響血糖反應，且體外消化平台是可以有效預測豆類的餐後血糖反應之驗證工具。

(三) Beneficial effects of eating pulses on our blood vessels.

演講者：Peter Zahradka, Professor, University of Manitoba

在加拿大癌症為民眾死亡主要原因約占 40%，其次則為心血管疾病。規律的食用豆類可以提供多種健康上的好處，包含降低慢性代謝症候群及心血管疾病風險，因此應當推廣在飲食中加入豆類。儘管在發展中國家中，人們因為促進健康議題而對於豆類的食用感到興趣，在已開發國家中(例如加拿大)卻尚未形成風潮。缺乏國內市場意味著加拿大生產豆類主要用於出口，且對於分析豆類是否有利健康的研究意願也在降低。然而，好的臨床試驗能增加加拿大豆類產業的價值，以促進在出口市場中的消費量，特別是在開發中國家的心血管疾病的發生率正在提升，利用動物試驗可以找出豆類保健的方向，並提供 Health Canada(加拿大政府健康部)參考。我們利用人類及動物研究顯示，豆類可以改善動脈粥狀疾病，可增加腳的血流量並增進動脈構造及功能特性。另外，我們也延伸研究經加工後的豆類，是否能保留住原本的保健效果，並發現特定豆類品種可利用磨粉、微粉化及擠壓等加工技術仍維持良好保健效果。綜合以上，好的臨床試驗可以確立食用劑量及頻率等因素，幫助引領新食品的發展，增加國內及國外的市場消費量。

(四) Dietary pulses and cardiometabolic health: what do I tell my patients?

演講者：John Sievenpiper, Associate Professor, Department of Nutritional Sciences, University of Toronto, Canada

肥胖及糖尿病的盛行對於人健康相當不利，特別會造成心血管疾，而目前已知所有的藥物治療方式，對於肥胖與糖尿病都無法取得滿意的結果。 α -葡萄糖苷酶抑制劑阿卡波糖(alpha-glucosidase inhibitor acarbose)能有效降低飲食的升糖

指數，是唯一一個降糖劑同時可減少心血管的問題，長期的醫療試驗數據顯示，阿卡波糖可以降低 20% 的糖尿病風險。豆類飲食(包含 beans、peas、chickpeas、lentils)已被廣泛的應用降低升糖反應，為具有類似阿卡波糖的效果之營養類似物。研究證據顯示食用豆類飲食可改善對於體重、血糖血脂及血壓的控制，在降低心血管疾病的部分能替代阿卡波糖。針對素食群眾的研究證實，豆類飲食亦可降低糖尿病及心血管疾病。亦有證據顯示，使用豆類飲食在心臟健康部分及控制心血管風險上扮演重要的角色。食用豆類對於糖尿病及心血管疾病的控制已呈現相當的成效。

(五) Barriers and motivators to pulse consumption.

演講者：Donna M. Winham, Assistant Professor, Iowa State University, USA

低收入族群通常飲食品質較差及較高的慢性病風險，增加豆類攝取可增加營養成分，如纖維、葉酸、及其他重要營養成分，且可管理脂肪、餐後血糖及飽足感。然而，美國豆類消費低於目前的建議量，大多數人由於資訊有限而缺乏對於豆類的了解，包括其營養成分或食用豆類所得的健康好處。因此，增加營養相關的知識是消費的先決條件，但顯然不是消費者購買的主要動力。事實上，豆類消費的主要動力是其味道、方便性、環境友善及成本考量等，通常造成豆類消費障礙的原因有為不喜歡其味道、處理時間太久、不熟悉料理方法、與脹氣有關、聯想到素食飲食等。加強低收入的消費者的豆類消費策略是以豆類所製成的外食食品，並鼓勵與肉類搭配使用而非取代肉類、加快煮食速度或製成即時食品。在美國，營養輔助計畫推廣豆類以「健康」及「便宜」的蛋白質來源作為宣傳。根據口感或潮流(例如紅扁豆、gluten-free)製成食品，可以作為推廣豆類的食用，以及增進飲食品質並減少慢性疾病的風險。

三、第三節：豆類加工品的優缺

(一) Technologies and challenges of dry processing of pulses.

演講者：Mehmet Tulbek, Director, Research & Development, AGT Food and Ingredients Inc.

豆類為良好的能量、蛋白質、碳水化合物、膳食纖維、維他命、礦物質的來源，傳統上豆類用於煮湯、罐頭、油炸零食、芽菜、東方麵食品中，然而將豆類分離成原料型態可提供更多功能及營養，使用乾磨及分離技術豆類原料可分離成蛋白質、碳水化合物、纖維及礦物質，可以提供更多的性質如提供質地 (texturization)、成膠(gelation)、堅硬度(firmness)、結合(binding)、吸附(adhesion)等作用，提高營養價值如高蛋白、高膳食纖維、高礦物質含量，因此，豆類分離出各種原料可廣泛運用在不同的用途上。本主題介紹多種豆類加工方法，包含去皮(dehulling)、磨粉(milling)、預煮(precooking)、蛋白質轉移 (protein shifting，磨粉時將高蛋白質及低蛋白質部分分開)等，以及不同因子影響其加工特性，例如

酸鹼值、鹽分、熱處理等對於乳化性質的影響，以及介紹眾多豆類蛋白製成的產品。

(二) Technologies and challenges in generating protein, starch and fibre from pulses(wet milling and fractionation technologies).

演講者：Leon Zhou, Head, Research & Development, Roquette Americas

豆類分離加工中可追溯性為一重要關鍵，由農場到加工端的可追溯性為食物安全的一環，可幫助加工業者確立原料穩定，若原料組成成分不穩定影響管理及加工的效率，也影響最終產品的組成及特性，因此需要參與上下游產業結合，與專業的育種家、農夫、貿易商等合作，建立穩定且可信任的供應鏈。濕式分離技術可以得到高純度、高功能性的產物，不論應用在食品、工業或其他產業上，這些特性可使原料更易於操作，易於管理最終產品的物理、化學、感官特性。另外，若要最大化豆類價值，應重視豆類中所有的成分，每種成分都有其價值，持續投資打造長期強而永續的豆類產業，將豆類分離成分應用在各種不同的市場，例如食品、飼料、寵物食品、化妝品、藥品、紙板工業等，才能創造最高效益。

(三) Exploring value-added utilization opportunities for pulse starch based on its unique technological characteristics.

演講者：Yongfeng Ai, Assistant Professor and Carbohydrate Research Chair, Department of Food and Bioproduct Sciences, University of Saskatchewan

由於澱粉為豆類種子中的主要成分之一，在加拿大西部主要栽培豆類的澱粉含量約 34-48%，豆類加工需要新方法利用豆類澱粉以增加價值，與重要的商業澱粉(主要為玉米、蠟質玉米及樹薯)比較，豌豆、扁豆、蠶豆含有較多的直鏈澱粉(38-41.1%)，以及支鏈澱粉的支鏈較長。因此，這三種豆類澱粉通常有較低的糊化黏度峰值，及較高的最終糊化黏度、回凝比例、膠體硬度。在未煮熟前、顆粒型態時豆類澱粉(35.5-46.7%抗性澱粉)比玉米澱粉(10.9-18.3%抗性澱粉)有較高的抗酵素特性，煮熟後豆類澱粉的消化特性與其他澱粉類似。當豆類澱粉發展麥芽糊精(maltodextrin)、抗性澱粉及抗性麥芽糊精時，得到的產物相似甚至好於商業用澱粉，由於豆類澱粉預期有強的膠體能力，有潛力運用於生物可再生、生物可降解的氣凝膠(aerogel)、泡沫、膜類產品。豆類澱粉有許多良好的特性，並且因加工過程的共產物而有更多價值。

(四) Use of pulse ingredients in extrusion applications.

演講者：Filiz Koksel, Assistant Professor-Food Processing, Food & Human Nutritional Science Department, University of Manitoba

豆類含有豐富的營養，可以增加擠壓食品及食品原料中的蛋白質及纖維含量，然而，通常擠壓食品如早餐穀物片、點心等的原料中，若含高蛋白或高纖維會降低理想的物理性質，例如降低脆度及整體延展性。擠壓過程的參數包含機械能源、

溫度、膜口設計，可以用來操作擠壓產品的物理特性，控制這些參數也有機會調整技術-功能特性，例如溶解度、乳化性、水/油吸收、糊化等，增進這些技術功能可以提供新的豆類擠壓食品的製作方式。其他增加擠壓食品營養的方式，尤其是蛋白質品質及胺基酸組成，是由混合豆類中富含蛋白質的部分及穀類，雖然使用高品質的植物性蛋白質當原料時，高蛋白質含量有利於肉品秤量及肉品替代，但通常降低膨發食品的品質。我們開發一種新的方法於擠壓時使用發泡劑，可以改善擠壓食品及食品原料的物理性質，使用不同溶解度及擴散性質的氣體(例如氮氣及二氧化碳)注入於擠壓桶中，這些發泡劑成為額外的成核部位(nucleation sites)，當離開模口時使氣泡成長並影響擠壓食品的微結構、密度、質地，增加產品價值。

(五) Protein ingredients market understanding.

演講者：Denis Chereau, Chief Executive Officer, IMPROVE

人口快速成長及營養需求的變化使全球蛋白質需求大增，蛋白質原料市場隨著這股潮流每年增長 7%，許多創新計畫目的在從植物、昆蟲、藻類等來源中取得新的替代性蛋白質原料，但很少達到工業化的階段。本主題分析最有可能達到經濟規模的蛋白質原料、在不同市場的應用及特點，及蛋白質特性與市場價格的相關性。從不同角度切入進行分析蛋白質可以應用的特性，例如：營養性質(如蛋白質品質、抗營養因子等)、功能性質(如保水性、乳化性、溶解性等)、生物活性(如影響消化系統、循環系統或是抑制微生物等能力，可作為食品添加或是化妝品)，目前以商業化的產品因其特性而使用在產品上的原因，40%訴求其功能性特性，29%為營養性質，30%為具有良好感官性質，19%為非基改。了解了市場的需求，才能更有效的將研究重心放在正確的方向，提升豆類蛋白質的市場價值。

四、第四節：決定豆類產品品質及安全的方法

(一) Challenges and opportunities for current and proposed methods for measuring pulse protein quality.

演講者：James D. House, Professor and Head, Food & Human Nutritional Science Department, University of Manitoba, Canada

從營養的角度來看，蛋白質的品質通常由胺基酸組成及消費者所需的氨基酸分布，以及消化吸收可用於新陳代謝的程度來定義，決定可消化蛋白質的品質在食品安全中很重要，例如精準的符合人體所需蛋白質，或是確認食品中宣稱的蛋白質含量。目前，加拿大及美國需要評估食品中蛋白質的品質才能標示與蛋白質含量相關，加拿大使用蛋白質等級系統(Protein Rating System)，以蛋白質效率比(Protein Efficiency Ratio)為主要測量品質的方式；美國則使用蛋白質消化校正胺基酸分數(Protein Digestibility-corrected Amino Acid Score, PDCAAS)來確認，兩種方法

皆使用齧齒動物生物試驗來得出估算值，這使食品製造業者遇到了挑戰，特別是部分公司政策禁止使用動物試驗。由 FAO 的工作小組所提倡的消化不可少的氨基酸評分(Digest Indispensable Amino Acid Score, DIAAS)也遇到類似問題，該方法也需要使用動物試驗，尤其是豬的迴腸插管。蛋白質品質被視作確認蛋白質來源能否提供必需胺基酸，也包含評估蛋白質來源是否缺少關鍵胺基酸、含有反營養(anti-nutritive)因子的消化抑制劑或是因熱加工而破壞蛋白質，當新的植物性蛋白質被用於食物連時，也必須持續關注、評估蛋白質品質，蛋白質品質評估的體外試驗發展提供實用的方法，確保消費者的營養及允許食品業者定位蛋白質豐富食物產品，以滿足市場需求。

(二) The nutritional quality of pulse protein for human diet.

演講者：Daniel Tome, Professor, AgroParisTech, France

豆類傳統上用於人類飲食中，提供豐富的營養，特別是蛋白質，蛋白質提供新陳代謝所需的氮元素及胺基酸，也是和成各種人體所需物質的前驅物，成年人一天每 1 公斤體重需要 0.66 克的蛋白質，1 到 3 歲嬰兒一天每公斤體重需要 0.82 克的蛋白質，豆類每 100 公克平均含有 20-25 克的蛋白質，每 100 克煮過豆類提供 8.6 克蛋白質，約佔每日需求的 15-20%。除了蛋白質的含量外亦須考慮品質，豆類蛋白質相對的有較多的離胺酸(lysine)和蘇胺酸(threonine)及相對低的含硫胺基酸(甲硫胺酸 methionine、半胱胺酸 cysteine)及色胺酸(tryptophan)，豆類蛋白質及胺基酸的消化率亦很重要，測定不同產物(純蛋白質、混合粉類或是全豆)約略在 75-90%，測出豆類的蛋白質品質分數(protein quality score)約在 80-90%，低於大多數動物性蛋白質，但高於其他植物性蛋白質(如穀類)，且其營養品質可藉由強化甲硫胺酸(methionine fortification)或是與其他含硫胺基酸的蛋白質來源混合來彌補。也有研究顯示，以豆類蛋白質取代肉品蛋白質可預防代謝疾病，這些豆類蛋白質可作為植物來源的食品中蛋白的來源。

(三) Do pulse anti-nutrients affect the health effects of pulse?

演講者：Mark Messina, Executive Director, Soy nutrition institute

豆類除了含有豐富的營養外，亦有多種反營養(anti-nutrients)物質，例如植酸(phytate)、草酸(oxalate)、寡糖(oligosaccharides)等，反營養物質是從植物來源食品中發現的天然物質，在體內會干擾吸收或其他營養功能，這些物質可能也有其他反健康的影響，然而這些反營養物質也有一些益處，例如蛋白質分解酶抑制劑(protease inhibitors)抑制蛋白質消化相關的酵素，但也被發現有化學預防(chemopreventive)的性質；寡糖會造成脹氣但同時也促進有益微生物的生長。反營養物質的影響取決於在食品中的濃度、吸收代謝、組織分布，反營養物質濃度亦可由傳統加工方法而減少，例如加熱、發酵、發芽等。儘管含有許多反營養物質的影響，但更重要的事也要考慮攝食豆類對整體健康影響。

(四) Development of methodologies for measuring functional properties of pulse ingredients.

演講者：Ning Wang, Program Manager, Canada Grain Commission, Canada

全球植物性蛋白質的市場由於人口成長、消費者取向改變、動物性蛋白質成本提高而迅速增長，這導致食品工業傾向於產品配方中使用豆類原料，然而，能否成功於食品中應用豆類原料主要取決於豆類的功能性(例如保水能力、乳化性質)，因此用相同的方法來測定這些功能性就很重要，使用不同的測定方式會導致由不同實驗室測出的結果不一致而無法比較，目前對豆類原料的功能性無標準的測定方式，豆類工業需要訂定標準的測定方式，以在品質上達到一致的結果，也協助食品製造業者產品開發、食品加工業者滿足法規及標示的需求、豆類協會統一豆類市場資訊。

(五) Novel pulse and pulse ingredients: clinical and analytical considerations associated with food allergies.

演講者：Joseph Baumer, Associate Professor and Co-Director, University of Nebraska-Food Allergy Research & Resource Program, USA

免疫球蛋白導致的食品過敏在全球範圍盛行率不斷增加，使食品過敏成為重要的公共健康問題，食品中蛋白質部分導致和誘發過敏反應，但並非所有食品及蛋白質皆與過敏有關，胺基酸序列和食品結構為重要的關鍵，使其在消化及熱加工中保持過敏蛋白質的穩定，食品蛋白質的這兩個特性有助於增加致敏和引發過敏反應，花生被認為是最有潛力的過敏來源之一，其他豆類如大豆及羽扇豆也被認為是有力的過敏來源，在部分國家需標示為過敏來源，一些常見的豆類也是豆科但在食品過敏上很少被拿來與花生做比較，然而，隨著豆類分離蛋白質(protein isolate)及濃縮產品(concentrate product)的使用增加，是否會潛在的增加食品過敏反應或是臨床及分析上的交互反應，本演講討論幾種豆類與已知過敏食物間的關係，評估已知的臨床交叉反應性以及在食品行業中常用 ELISA 的方法交叉反應的可能性。



會場情形



與加拿大農部研究人員交流合照

肆、拜訪加拿大農部貴湖研究中心(Guelph research and development centre)

加拿大幅員廣大，各地區農業作物相差異頗大，為因應不同地區之農業及作物特性，加拿大農部轄下有 21 個研究中心，職司不同研究主題，涵蓋作物科學、遺傳育種、植物保護、食品加工、食品安全等議題，例如 Morden Research and Development Center (RDC) 位於 Manitoba 省為加國農業帶中心，向來以大宗穀物研究最為知名，研究主題包括小麥、亞麻、豆類栽培與遺傳育種，Summerland RDC 則以葡萄栽培、育種、釀酒及生技萃取保健應用，輔以有機與植物保護相關研究。

臺灣與加拿大雙邊農業合作計畫提案始於 1999 年，於 2000-2010 年期間，主要由臺中區農業改良場與加拿大農部太平洋研究中心合作保健作物相關研究計畫，研究背景為植物膳食補充品與機能性食品在歐美快速崛起，緣此本場引進加拿大保健作物種原，進行試種評估，並派員參訪加拿大農部多個研究中心，瞭解保健作物研究方法、商品化過程，參加加拿大舉辦的機能性食品展覽，了解市場發展現況及加方農部關切的議題。

於 2000-2010 年本計畫執行期間，本場引進歐美常用保健植物種原，包括紫錐花(purple coneflower)、北美當歸(angelica)、沙棘(sea buckthorn)、貫葉連翹(St. John's Wort)、香蜂草(lemon balm)、柳薄荷(hyssop)、鼠尾草(sage)、野羅勒(basil)、百里香(thyme)、蒔蘿(dill)、月見草(evening primrose)、甘草(licorice)、琉璃苣(borage)、紅花苜蓿(red clover)、甜菊(stevia)、德國洋甘菊(chamomile)、甜茴香(sweet fennel)、貓穗草(catnip)和圓葉當歸(lovage)等藥用保健作物，引進臺灣進行評估試驗，開發香蜂草、紫錐花保健產品並技轉廠商陸續建立國產保健作物產業，並邀請貴湖研究中心之專家來臺演講，了解保健作物研究進展。位於安大略省的貴湖研究中心多年來則進行機能性作物、食品及生物醫學研究，對於機能性食品研究開發有豐富的經驗，在加拿大農部眾多機構中，是唯一一個將農業食品延伸到人體試驗研究的機構，研究主題從藍色小麥在人體中的花青素代謝與血脂影響，到豆類如扁豆、鷹嘴豆產品對人體升糖指數的影響。

臺中區農業改良場於 2018 年 10 月在臺北舉辦臺加保健作物產業合作研討會，邀請國內學者及加拿大農部專家介紹雙邊研發重點方向及成果。加拿大生產多種雜糧，如扁豆、鷹嘴豆、豌豆等豆類作物為全球前三大產地，扁豆和鷹嘴豆等含有豐富的蛋白質，在營養方面可以和稻米互補，加拿大農部專家也證實以扁豆及鷹嘴豆取代麵包馬鈴薯可以改善餐後血糖反應，可開發低升糖指數產品。然而華人對此優質豆類作物的應用尚不十分了解，同時鑒於國內稻米消費低迷，人均年消費量僅 45 公斤，遠低於日本的 60 公斤。我方認為未來可應用豆類作物強化中式米穀產品的營養價值，並探討相關產品的保健效益，開發新產品市場。因此預備於未來 2 年開發營養均衡米-豆食品，如米粉絲與沖泡米穀粉等，並進行動物功效試驗，評估長期食用對於調節血糖、血脂的潛力。緣因貴湖研究中心在作物營養、消化、腸道健康、食品升糖指數變化及人體試驗

等主題有專精研究。在第 12 屆臺加雙邊農業工作小組會議中，本場提出保健作物研究合作議題，並在 108 年 5 月 2 日第 13 屆雙邊合作會議中，雙方同意共同執行營養均衡米豆產品開發計畫，由本場執行加工產品試製，並於貴湖研究中心進行產品升糖指數評估。

本場同仁於 11 月 8 日拜訪貴湖研究中心，並與主要研究人員對談，促進雙方的瞭解。對談人員包括 Dr. Elsayed Abdelaal，為貴湖中心前任所長，Abdelaal 前所長主要研究方向為穀物營養及化學，重要研究主題包括藍麥與紫麥，探討其花青素成分、在人體中的代謝、機能性成分與保健效果。另外特別介紹加納利種子(Canary seed，學名 *Phalaris canariensis*)，植物向光性試驗與生長素吲哚乙酸都是以加納利種子為材料，此禾本科單子葉作物具有速生、抗病蟲害，種子富含抗氧化成分、優良蛋白質與膳食纖維，是相當有潛力的穀物，另外亦與華裔曹榮博士交流保健作物相關研究。



貴湖研究中心



與貴湖研究中心研究人員合照



貴湖研究中心同仁介紹實驗室環境與設備



貴湖研究中心前所長 Dr. Elsayed Abdelaal 熱心介紹藍色小麥及加納利種子

伍、加拿大農部貴湖研究中心工作訪問試驗及報告

貴湖研究中心為食品加工研究中心，內含許多研究人員分屬不同專長領域，其中 Dr. Steve Cui 專長為碳水化合物學、流變學及質地分析等，本次前往貴湖研究中心實習一個月，以 Dr. Steve Cui 為指導教授，學習升糖指數測定及澱粉性質研究。加拿大為豆類主產國，配合我國主要的糧食作物稻米，欲配合雙方強項開發米豆結合產品，且亦可提升產品營養品質。另外，隨著健康飲食觀念的提升，越來越多人關注如何吃得健康，升糖指數為其中一個指標，升糖指數越低的食品對於健康有較好的效益，因此，如何降低升糖指數成為一個重要的議題，因此以豆類添加之米粉作為材料，使用豆類為扁豆及鷹嘴豆，測試其升糖指數，作為製作低升糖指數產品的參考。

此次工作訪問期間僅 1 個月，操作實驗的時間不多，僅來的及完成 2 重複試驗，且數據來不及重複驗證，因此部分數據差異較大，仍需再做重複來驗證。另外實驗部分僅著重在 GI 值及澱粉的測定，其他部分尚未測定，仍需更多數據來完成實驗，增加準確性。

一、樣品：米豆混合米粉

樣品編號	原料-米	原料-雜糧	原料細度	製作方法	備註
1	台中秈 17	添加扁豆 10%	80mesh	A(米助米粉)	
2	台中秈 17	添加扁豆 10%	120mesh		
3	台中秈 17	添加扁豆 20%	80mesh		
4	台中秈 17	添加鷹嘴豆 10%	80mesh		
5	台中秈 17	添加鷹嘴豆 10%	120mesh		
6	台中秈 17	添加鷹嘴豆 20%	80mesh		
7	台中秈 197	添加扁豆 20%	120mesh	B(永盛米粉)	
8	台中秈 197	添加鷹嘴豆 20%	120mesh		
9	台中秈 197	無	120mesh		對照組

二、預測升糖指數測定(Predicted GI)

升糖指數為攝入含定量可消化碳水化合物後，血糖變化的曲線下面積，除以攝入標準品血糖變化的曲線下面積，再乘以 100 所得到的數值，可以代表攝取食品後血糖上升的幅度，若食品在消化過程中迅速分解產生葡萄糖則具有高升糖指數，反之若食品在消化過程中緩慢分解產生葡萄糖則具有低升糖指數。

本實驗利用體外消化試驗，模擬人體消化環境及食品於人體內消化的狀況，使澱粉分解產生葡萄糖，測定葡萄糖含量，以此預測升糖指數。

*備註：須先行測定總澱粉量及游離葡萄糖量(有添加糖時)，以免影響預測結果。

(一) 使用設備：

1. GI Analyzer (NutriScan GI/RS20)：能維持恆溫及持續攪拌，模擬人體消化環境，可使用加熱攪拌器替代。
2. Glucose Analyzer (Analox GL6)：利用氧化電極偵測，可在短時間內測定葡萄糖濃度，需使用標準葡萄糖液進行校正。

(二) 實驗方法：

1. 溶液製備：

(1) Pepsin/HCl-guar gum solution + sodium acetate buffer solution：模擬胃腸黏液及環境。

(2) enzyme solution：含 pancreatin、amylglucosidase 及 invertase 等酵素。

2. 樣品製備(需當天製作)：煮沸水(100°C)，加入米粉煮 1.5 分鐘後撈起，並浸入冷水中降溫，瀝乾 1 分鐘，以 meat grinder 切碎，模擬口內咀嚼情形，樣品測定水分及進行體外消化試驗，多餘樣品冷凍(可測定總澱粉含量等其他試驗)。
3. 樣品置入離心管中，加入 5 顆玻璃珠及磁石及 buffer，模擬胃腸蠕動混合的情形，放入 GI Analyzer，維持恆溫 37°C 及持續攪拌。
4. 取樣(0 分鐘)，離心後取上清液注入 glucose analyzer，讀值。
5. 第 20、60、120 分鐘時取樣，離心後取上清液注入 glucose analyzer，讀值。

(三) 計算數據：計算 Available carbohydrate、glucose released、%starch digested、Area under the curve、Hydrolysis index (以白麵包做為參考)、Expected-predicted GI 值等(兩種方法 Grandfelt equation 及 Goni equation)

三、 總澱粉含量(Total starch content)

使用 Total Starch Kit(Megazyme 公司)，利用 α -amylase 及 amylglucosidase 分解澱粉產生 D-glucose，再以 GOPOD 試劑使之氧化並染色，以分光光度計讀值，計算葡萄糖濃度及總澱粉含量。所得總澱粉含量用於計算預測升糖指數 (Predicted GI)，並了解樣品性質。

*備註：需測定水分含量，計算樣品乾重

(一) 溶液製備：sodium acetate buffer(pH5.0), α -amylase + sodium acetate, GOPOD Reagents buffer。

(二) 樣品製備：冷凍樣品冷凍乾燥，磨粉過篩(0.5mm)。

(三) 樣品秤重約 100mg 至離心管(另作一管 blank，不加酵素，測試游離 glucose 含量)，加入酒精並震盪。再加入 α -amylase buffer，置於沸水中水浴中使之反應。降溫後加入 amylglucosidase，50°C 水浴使之反應。

(四) 內容物倒入定量瓶，調整至 100ml，或是直接加水至 10ml，離心，上清液取出加入 GOPOD 試劑，50°C 水浴使之反應。另外需做 blank(僅含水)及 standard (D-glucose standard) + GOPOD 試劑。

(五) 分光光度計 510nm 讀值。並計算澱粉含量。

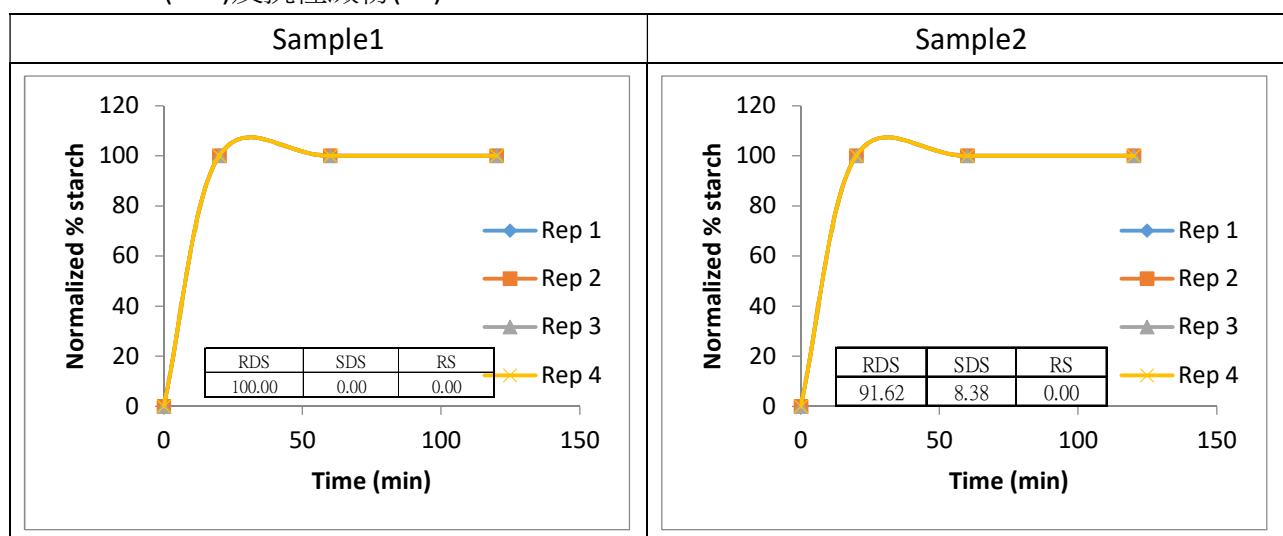
四、 結果與討論

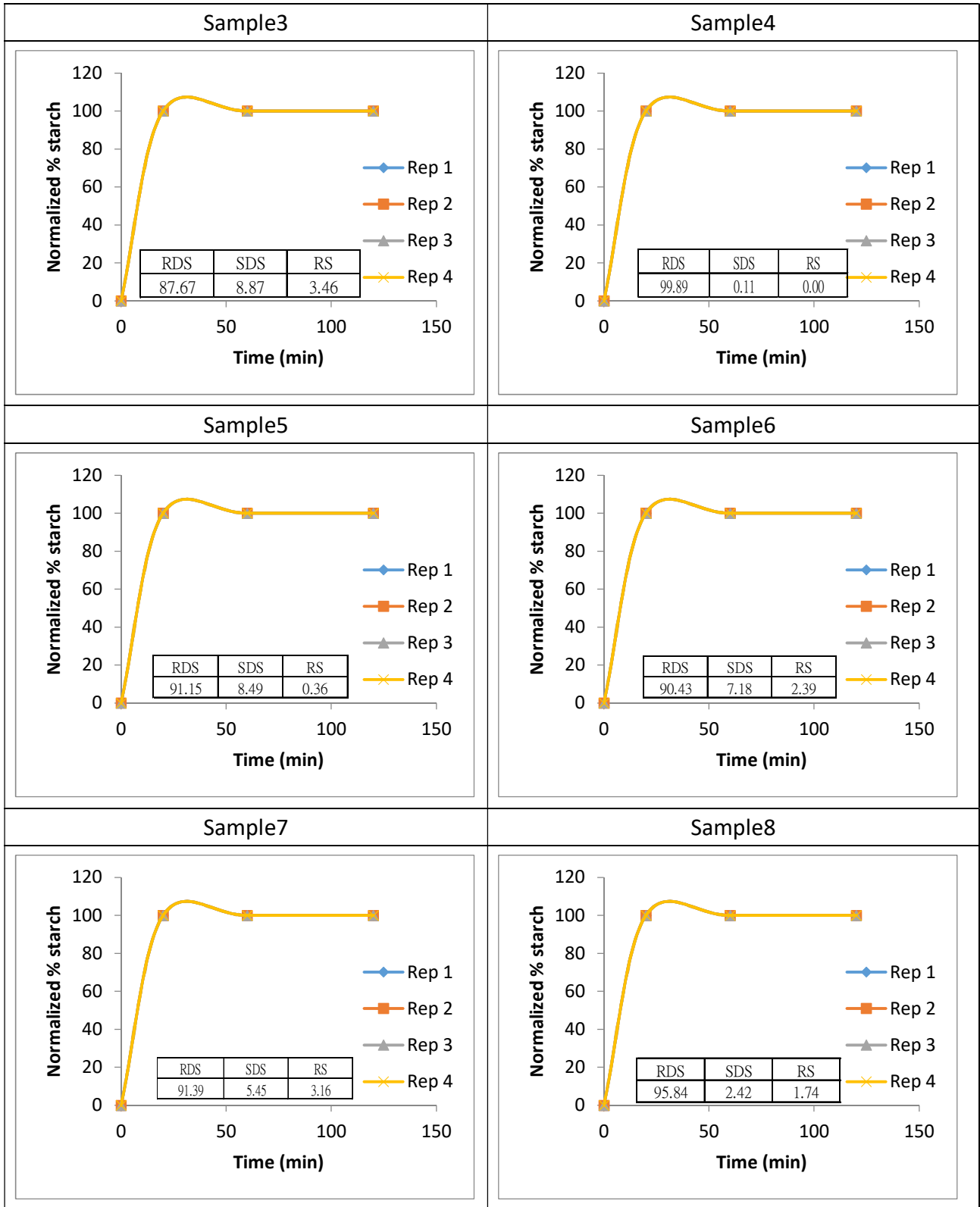
以豆類取代部分米添加於米粉的實驗中，無論添加扁豆或是鷹嘴豆總澱粉含量皆有減少，推測蛋白質及纖維含量有增加，這部分仍需試驗測定來確認。然而在預測 GI 值的測試中，無論有無添加豆類皆與未添加豆類無顯著差異，都屬於高 GI 值食品，推測為添加豆類比例少，仍以澱粉為主要成分，因此預測 GI 值無顯著變化，但若添加豆類的比例提高，會使米粉性質不佳，烹煮過程容易斷裂以致口感差、品質下降，且豆類特殊風味濃烈以致接受度不一。因此，如何調整添加豆類的比例，與口感品質間取得平衡，得到加工性質佳且低 GI 值的產品，為未來需努力的課題。

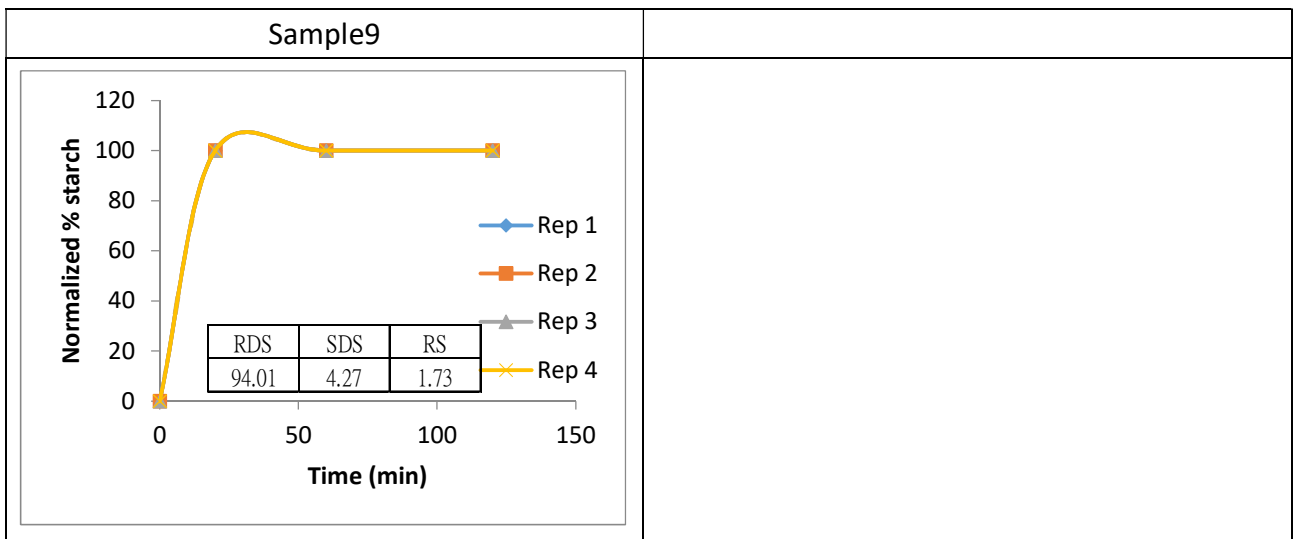
(一) 總澱粉含量及預測 GI 值：

樣品編號	總澱粉含量	預測 GI 值 (Grandfelt equation)	預測 GI 值 (Goni equation)
1	82.48%	83.07	77.39
2	72.03%	79.78	75.30
3	72.67%	75.55	72.61
4	66.57%	82.61	77.10
5	75.09%	77.92	74.11
6	77.33%	77.09	73.58
7	74.25%	76.49	73.20
8	76.27%	78.57	74.53
9	82.17%	78.13	74.25

(二) 隨試驗時間增加而被消化的澱粉比例，計算快消化澱粉(RDS)、慢消化澱粉(SDS)及抗性澱粉(RS)：



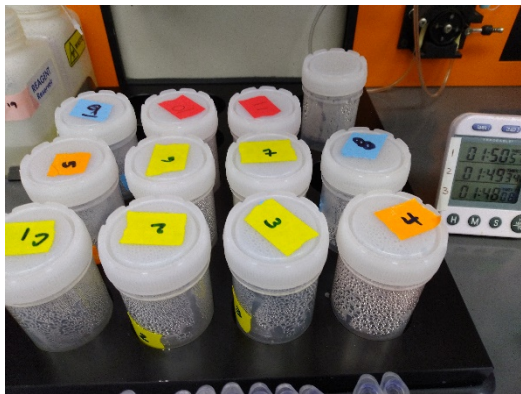




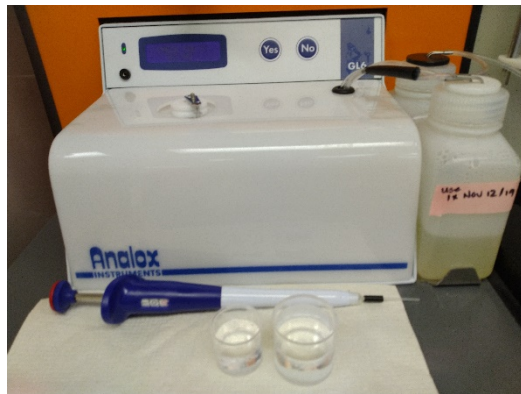
模擬咀嚼後的米粉



GI analyzer



體外消化試驗



glucose analyzer

陸、心得與建議

一、參加豆類科技論壇

雖然植物蛋白質近年已經在全球興起風潮，但是與禾本科穀物及大豆相比，各國政府和業者投資在豆類的研究資源仍相當有限，政府衛生健康部門可加強豆類在營養保健方面的應用研究，因為已經有相當豐富的生物醫學試驗研究證實，豆類食品碳水化合物複雜消化慢，故升糖指數較低，胺基酸組成與禾本科穀物互補可以提高胺基酸評值，同時提供豐富的膳食纖維、不飽和脂肪酸、維他命及礦物元素，長期食用可以降低心血管疾病風險，但是食用的劑量與加工方式對營養保健效果的影響仍需要探討。

農業栽培方面因為豆科作物可以固氮，因此氮肥需求較低，收穫後增加土壤固碳量，栽培水分需求低於水稻，可加強豆類與其他作物輪作、間作對產量與環境影響評估，探討不同豆類作物種類在不同地區的栽培適性，也需要針對不同氣候環境及營養組成進行育種，例如抗逆境抗病蟲害育種、高營養價值(如高蛋白質)品系育種。此外，現行用於禾本科之高效率栽培、採收後的分級篩選、磨粉技術也不一定完全適合豆類作物，需要更多的研發。

豆類加工方面，目前國際食品產業多是分離不同成分再作利用，以最大化每個部份的加工利用，例如分出豆類澱粉及豆類蛋白質，再應用在不同的產品上。而國內食品加工業者也多是進口原料進行加工利用，例如以豌豆、小麥與大豆蛋白進行不同素肉、豆干產品研發，或是以豌豆澱粉生產製作冬粉產品。國內豆類食品產業規模不大，設廠進行蛋白質與澱粉分離加工並無競爭優勢，中小食品企業應著重於如何全豆利用，如何結合國內大糧倉及綠色給付計畫，引導國內食品加工業者採用國產雜糧與豆類將是一大課題。

豆類產業兼具環保永續、營養及保健等不同面向優點，受到全球學界及產業界重視，也是未來食品產業發展重要趨勢之一，如何將豆類栽培與加工帶入國內農業與食品產業將是未來努力的方向。

二、參訪加拿大農部貴湖研究中心及工作訪問

行政院農業委員會與加拿大農部自 1999 年開始辦理雙邊農業科技合作計畫，於 2000-2010 年間，本場與加拿大農部 Saskatoon 及 Summerland 研究中心交流保健作物種原，以及邀請加拿大研究人員來訪，因第一代雙邊合作研究人員陸續退休使合作計畫中斷。本場復於 2017 年提出雙邊合作之申請，並經臺加雙邊農業工作小組確認，合作內容包括辦理研討會、人員交流互訪及工作訪問等，由本場執行不同比例米豆米粉產品之開發，至貴湖研究中心以其設備進行澱粉含量分析及體外消化之升糖反應試驗。

參訪貴湖研究中心行程由副所長 Dr. Dan Ramdath 親自接待介紹中心環境、設備、人員與研究方向，及與中心重要研究人員面談。人員包括前任所長 Dr. Elsayed Abdelaal 熱忱介紹藍色及紫色小麥，說明種子花青素與消化代謝研究，

及加納利種子的農藝特性、蛋白質品質與發展潛力。與華裔曹榮博士交流其在黃豆與其他機能作物研究，同時發現植物多元酚如花青素也具有益生質的效果，本場則分享近年在紅薏仁抗代謝症候群的研究成果。另外與所長政策助理(Policy Advisor) Ms. Caileigh Smith 交流有關營養均衡米-豆產品的產業發展潛力與合作前景。本次參訪受到貴湖研究中心人員熱心接待，深感加拿大友人非常友善，需持續維繫雙方情誼。

在工作訪問方面，米豆產品升糖反應及澱粉含量分析由 Dr. Steve Cui 及 Dr. Dan Ramdath 指導並由助理協助試驗工作，相較於傳統需動物試驗或人體試驗計算 GI 值的方式，體外消化試驗預測 GI 值較為簡單迅速，避免耗時耗力的動物試驗或人體試驗，雖然產品若要宣稱低 GI 值就必須符合相關法規及作過規定的試驗程序，但在產品開發初期為一個良好的測試方式。本次在貴湖研究中心進行體外消化試驗，學習預測 GI 值的試驗方法，有助於低 GI 值的產品開發。