

參加 2022 年 ICC 國際研討會



中華穀類食品工業技術研究所

會議期間：中華民國 111 年 7 月 5-7 日

報告日期：中華民國 111 年 8 月 3 日

目錄

| | |
|-------------------------------------|----|
| 一、 摘要..... | 3 |
| 二、 前言..... | 4 |
| 三、 研討會參與資訊 | 5 |
| 四、 ICC 國際研討會 | 8 |
| (一) 開幕式..... | 8 |
| (二) 穀物種植與農業挑戰 (Session 1)..... | 8 |
| (三) 穀物營養與健康(Session 2a-2c) | 11 |
| (四) 加工與穀類產品(Session 3、5)..... | 17 |
| (五) 穀物生物多樣性及糧食安全(Section 4) | 22 |
| (六) 穀物品質、安全及檢測(Section 6a-6b) | 25 |
| 五、 心得與建議 | 32 |

一、摘要

2022 ICC 國際研討會於 7 月 5-7 日於奧地利維也納舉辦，因應新冠肺炎疫情仍未停歇，同時辦理線上會議，我國代表即以線上會議方式參加。在三天的會議中，分為 6 個主題、10 場(Sessions)演講、共 47 場口頭論文報告，另有 61 篇壁報論文，計有來自全球 24 個國家及 144 位專家與會。本次會議從穀物受到氣候變遷的影響切入，討論目前穀物產品與市場的趨勢以及各領域最新研究，涵蓋品種選育種植、營養與健康、加工與產品開發、品質與安全等。由於採線上方式參加，無法發表口頭論文報告，我國專家共發表 5 篇壁報論文，並全程參與大會專題演講及瀏覽海報，由於受限線上方式，減少與全球專家進行交流的機會，是較為遺憾的一點。

二、前言

國際穀物科學與技術學會 (ICC) 成立於 1955 年，原名為國際穀物化學學會 (International Association of Cereal Chemistry)，成立旨為制訂穀物與麵粉檢驗規則的國際標準及測試程序。目前該總部位於奧地利維也納，有五十多個成員國。我國於 2005 (94) 年 7 月以奧會模式 Chinese Taipei (Taiwan) 之名義，由台灣區麵粉工業同業公會代表我國以團體會員 (Corporate Membership) 身分加入，並經農委會召開會議邀請公會、產業研究單位、大學、企業等共同組成入會主體，並於 2005 年轉為公協會會員，2017 年改以中華穀類食品工業技術研究所代表積極參加 ICC 各項活動。此外中華穀類食品工業技術研究所許瑞琪組長於 2016 年獲邀加入 ICC 技術委員會，另經會員選舉代表公協會會員加入 ICC 執行委員會。

我國穀物原料以生產稻米為主，另每年進口幾乎等量的小麥，以美國為主，自 2005 年起在外交部及農委會支持下加入 ICC 後，得以擴大與美國之外的世界交流，並提高我國穀物產業在國際的能見度，促進國際接軌。期能透過參加 ICC 各項研討會，除了發表我國研究成果之外，持續接收國際間最新資訊並彙整提供國內產業應用，期待有助提高我國穀類產業之競爭力。

三、研討會參與資訊

(一)研討會日程

| 日期 | 研討會議程 |
|---------|--|
| 7 月 5 日 | 開幕式 Session 1 農作物生產與農業挑戰 Session 2a 穀物營養與健康 Session 2b 穀物營養與健康 |
| 7 月 6 日 | Session 2c 穀物營養與健康 Session 3 加工與穀類產品 Session 4 穀物生物多樣性與糧食安全 Session 5 加工與穀類產品 |
| 7 月 7 日 | Session 6a 穀物品質、安全及檢測工具 Session 6b 穀物品質、安全及檢測工具 閉幕式 |

(二) 我國投稿 ICC 國際研討會壁報論文題目及作者

| 主要作者 | 題目 | 作者 |
|----------------|---|--|
| 台大食科所 鄭光成教授 | Development and Analysis of Functional Pastry - Fermented Black Garlic Pineapple cake | <u>Ting-Hsuan Sung</u> , Rachel Jui-Cheng Hsu, Kuen-Ho Shih, Kuan-Chen Cheng |
| 台大食科所 呂廷璋教授 | Profiling analysis of functional components in rice | Suet-Yine Woo ¹ , Wei-Yuan Wu ¹ , Yu-Han Liu ¹ , Jyun-Cyuan Ke ¹ , Yun-Hua Hsu ¹ , Huei-Ju Wang ² , Hong-Jhang Chen ¹ , Pei-Yin Lin ^{1,3} , Ting-Jang Lu ^{1*} |

| 主要作者 | 題目 | 作者 |
|-----------------|--|---|
| 穀研所 陳立於研究員 | Effects of buckwheat sourdough on the bread-making performances and nutrition properties of bread | Li-Yu Chen, Ming-Yuan Tsai, Varen Jocelin Susanto, Yi-Hung Chen, Kuen-Ho Shih |
| 宜蘭大學 陳淑德教授 | Using brown rice as a medium for <i>Hericium erinaceus</i> solid-state fermentation | Su-Der Chen and Ting-Yu Chang |
| 屏東科技大學 林貞信教授 | Production optimization of golden rice analogs using a pasta extruder and response surface methodology | Yulianah Amin and Jenshinn Lin |

(三)與會人員

| 姓名 | 服務機關(單位) | 備註 |
|----------|---------------|----|
| 許瑞琪組長 | 中華穀類食品工業技術研究所 | 一般 |
| 呂廷璋教授 | 國立台灣大學食品科技研究所 | 一般 |
| 鄭光成教授 | 國立台灣大學食品科技研究所 | 一般 |
| 陳淑德教授 | 國立宜蘭大學食品科學系 | 一般 |
| 林貞信教授 | 國立屏東科技大學食品科學系 | 一般 |
| 陳立於博士 | 中華穀類食品工業技術研究所 | 一般 |
| 蘇芋穎助理研究員 | 中華穀類食品工業技術研究所 | 一般 |
| 胡雪盈同學 | 國立台灣大學食品科技研究所 | 學生 |
| 宋庭瑄同學 | 國立台灣大學食品科技研究所 | 學生 |

| 姓名 | 服務機關(單位) | 備註 |
|------------------|---------------|----|
| 顏家羚同學 | 國立宜蘭大學食品科學系 | 學生 |
| Quyen Thi Nguyen | 國立屏東科技大學食品科學系 | 學生 |

備註: 因參加線上研討會，以註冊費差額鼓勵年輕科學家參與，由參與之教授推薦研究生參加。

四、ICC 國際研討會

第 20 屆 ICC 會議於維也納維也納自然資源與生命科學大學 (BOKU) 大學舉辦，雖然採線上與現場兩種方式同步舉行，該會議有來自 24 個國家的 144 位專家與會（包括演講者 48 人、現場與會者 90 人以及線上與會者 54 人）。在 7 月 5 日至 7 日為期三天的會議中，共有 47 位講者發表演講、61 篇海報論文投稿。研討會內容豐富，各個主講者均分享其最新研究成果，特別強調氣候變化與該變化對世界穀物的影響，涵蓋市場趨勢與挑戰、品種選育、營養與健康、加工與產品、生物多樣性與糧食安全、品質安全與檢測。

(一)開幕式

大會的開幕式由 ICC 會長 Prof. Gerhard Schleining 主持，並邀請 BOKU 校長與奧地利聯邦農業、地區和旅遊部代表致詞。隨即由奧地利 BOKU 的經濟學家發表以「歐洲穀物產業的未來架構」為題的演講，探討與農業及 3E (經濟、能源、環境) 相關議題，目前最大的問題應來自氣候變遷近年來顯著的降低農業產量，他們執行的「共享社會經濟路徑，Shared Socioeconomic Pathways, SSPs」計畫中，建構了跨國氣候變遷研究團隊，透過數據資料及整合性模型進行社經發展模擬，也透過這個模擬評估政策施行後對社會與經濟的影響，希望可運用在農業減碳上。未來，針對氣候變遷、注重生物多樣性的保護及新能源運用將會是各國政策主流，同時飲食型態如蛋白質來源亦將隨之改變。

第二位演講者是奧地利經濟研究機構 WIFO 的專家，以「全球穀物市場震盪」為題發表演講。以全世界重要的經濟作物小麥為例，從 1959 年到 2022 年經過了數個週期的價格震盪，一旦漲價，需很多時間才會降下來，但通膨其實與價格動盪息息相關。前幾年價格動盪通常來自氣候變遷，今年的俄烏戰爭更助長了這個問題。因此預防穀物的漲價的方式有停止戰爭、改善物流和供應鏈、研究及開發新生物能源。

(二)穀物種植與農業挑戰 (Session 1)

- Integrating crop modelling, physiology, genetics and breeding to aid crop improvement for changing environments

農作物受到氣候、環境變化及政策等影響面臨了許多的挑戰，造成全球穀物產量減少。所以為了滿足日益增長的全球需求，以提高作物產量及環境管理為目標，整合作物生理學、遺傳學和育種，講者提出一個提高澳洲穀物對於乾旱適應的協調模型，幫助作物改良以適應不斷變化的環境。植物的光合作用和蒸發效率有關，蒸發效

率是指植物累積的生物量和水分蒸發的比值，所以為因應環境變化，以找到每滴水能生產較多作物的基因型為目標進行試驗。

本研究聚焦在穀物的蒸散效率，也就是相同水分的條件下，能生長的植物生物質量。研究分成三個部份，包括模型篩選、生理模擬和基因組分析，最後應用於實際育種。首先會藉由模組選出對穀物生長環境較有影響的條件，再利用生理模擬來分析此條件的適切性，進而篩選出了會影響到植物蒸散作用的六個基因組，最後將研究結果應用在穀物種植的基因改良技術。運用此種基因組篩選模型，也可能可以更有效率的找到更多對於穀物生長條件有影響的基因組，有利於商業穀物的改良。

- Effects of environmental changes on protein composition and fructan content of wheat grain

此項研究主旨在探討氣候變遷和農業模式改變會如何影響穀物的蛋白質組成。現今社會中許多先天對小麥麵筋不耐的民眾，以及腸道疾病的患者，故穀物中蛋白質含量及組成的改變，可能會直接影響到消費者的健康。

此研究報告一個品種為「Arnold」的小麥在奧地利的九個不同地點栽種的結果，研究結果發現，在栽種過程中添加的肥料，尤其是氮源肥料，可以提升整體穀物的產量，並提升蛋白質含量及種類，包括 gliadins 等等，並且也可能會因為改變穀物蛋白質組成，進而影響到生長過程中的酵素作用反應，包括胰蛋白酶及澱粉酶的抑制反應。另外研究中也發現到，極端環境因素（寒冬、酷暑及乾燥）也會改變穀物中蛋白質含量組成，然而其影響相較之下並沒有氮源肥料來得大，但產量及果聚糖的含量則會下降。講者提到可能原因是，在此項研究中採樣地點較侷限，樣品的氣候變因不均，以及取樣時間較短（兩年），因此也可能會造成結果產生誤差。

- Genome-wide association mapping identifies common bunt resistance loci in a wheat diversity panel

講者首先介紹了一種對於穀物中常見的疾病，bunt ball（腥黑穗病）是由真菌 *Tilletia tritici* 和 *Tilletia laevis* 所造成，感染後的穀物會生成球狀結構，經常出現在沒使用殺菌劑的有機農業中，造成產量及品質降低。因此此項研究使用新型的種子包覆技術，在人工接種之前先使穀物感染真菌，再比較和健康穀物之間的基因組的變化。實驗鑑定了 238 種穀物，發現不同種類的感染（一般腥黑穗病、矮星黑歲病）中，其基因連接位點不同，並且在 Marker-trait association（MTA）檢測中也發現三個不同的染色體。結果顯示，

此項混合線性模型（CMLM）適用於較複雜的數據分析，可以藉由基因簇來獲取生殖影響的結果。最後，實驗也鑑定出了穀物中 20 種的基因型對這兩種感染都具有高度抗性的，有利於後續商業育種時進行改良。

- Barley selective breeding to produce high fructan lines with altered β -glucan and starch molecular structures

大麥有豐富的膳食纖維，我們常攝取的膳食纖維包括了 β -葡聚糖、阿拉伯木寡糖、纖維素、果聚糖及木質素，其中 β -葡聚糖的分子結構對溶解度及流變特性有關鍵的作用。本研究是在探討育種策略是否會影響到澱粉和 β -葡聚糖中葡萄糖的含量以及分子組成。使用四株母株交配六種子代，育種策略會集中在果聚糖的水解量及生成量。首先研究比較果聚糖生成效率，發現到具有較高果聚糖生成效率的組別中顯著較低了澱粉含量。此研究使用 HPSEC（高效能分子篩層析）鑑定了不同生物分子構成原料的大小，結果發現到在較低果聚糖生成效率的組別中的分子構成原料較小，也發現到果聚糖生成效率會影響到產物中 β -葡聚糖的結構，較低的果聚糖生成效率組別具有較小的聚合度(DP<5)。此研究結論出調節穀物的果聚糖生成效率會影響到澱粉的生成，並同時也會改變直、支鏈澱粉以及 β -葡聚糖的結構。

- Beta-glucan and arabinoxylan in barley and wheat grains depending on nitrogen rate and cropping system

研究中提到，2030 年愛沙尼西的農業和食品部門期望將穀物產品的附加值提高 50%，然而現今愛沙尼西主要出口形勢是為加工的種子型態，並且由於消費者對更多功能性食品的需求日益增加，因此本研究專注於食品新技術的開發及改良。首先比較傳統及有機種植方式下且又細分為是否有肥料、礦物質、不同的氮含量或覆蓋作物，大麥和冬麥蛋白質(小麥麵筋)和纖維（即 β -葡聚糖、果聚糖、阿拉伯糖基聚糖）含量及組成是否具有差別。首先結果中可以發現到小麥麵筋含量會和澱粉含量成反比，研究中也發現需達到給予每公頃土地至少 100kg 的氮源養份才能在產品階段產生高品質的麵團（具有良好延展性、保水性等等），因此，在有機農法的組別在氮源養份的供給是需要改良的。然而 β -葡聚糖以及阿拉伯木聚糖含量對氮源養份的供給沒有明顯趨勢，反而是在不同年份間種植的組別中可以觀察到不同的含量。因此本研究總結，纖維如 β -葡聚糖和阿

拉伯木聚糖等等的含量在有機種植的環境下，仍能夠具有相對的含量，在生物經濟的背景下可能很有價值。

(三)穀物營養與健康(Session 2a-2c)

- Consumer trends and their impact on the food and cereal market

本演講重點在分析消費者的烘焙產品消費習慣。消費趨勢是結合消費者心理和行為模式的變化趨勢，同時能夠反映出社會和經濟面向的現象。這也表示了解消費趨勢便能夠掌控市場的需求，有需求便有空缺，而空缺就是商機。食品和穀物市場的趨勢深受地域、文化、生活形式等因素影響。其中一個很有趣的觀點，講者認為消費者的喜好是隨時在改變的，所造成的採購趨勢相較之下是較不具有科學性的，更應該以一個藝術的角度來探討。

根據統計，奧地利現今消費者的烘焙產品採購主要趨勢為健康、傳統、個人化、有機。2020 年一篇探討大眾對於飲食法興趣排行的文獻透露，除了素食，一些不含小麥等穀物的飲食形態如無小麥麵筋(gluten free)、低碳水化合物、生酮等逐漸被大眾認識並接納。最受到關注的飲食型態前七名，其中就有包括四種飲食是提倡減少穀類、甚至完全不攝取穀類的飲食。

講者以無小麥麵筋為例，無小麥麵筋產品在市場上被塑造成比較健康、加工程度低且低卡路里的形象。雖有反對前述說法的聲音，但對於患有小麥麵筋不耐症的患者及追求健康生活形態的消費者是不二選擇。顯示出民眾對無小麥麵筋(Gluten free)飲食的關注正在增加。然而有趣的是，統計上真正患有乳糜瀉人口的比例卻保持不變，約只有 3-5%。造成這個現象的原因包括 Gluten free 產品被認為更健康、加工更少且卡路里更少。甚至與醫學統計數據相比，自我認定患有的 gluten 不耐的受診斷率大大高於醫學測試證實的診斷率。講者推斷，造成這樣現象的原因是還是回歸到民眾對健康的意識抬頭，社會經濟發展條件好的情況下，民眾有更多關注在於「吃好」而不只是「吃飽」。

另一個比較有趣的是 do it yourself trend，這個趨勢在疫情肆虐期間竄起，行動受限的人們開始自己購買烘焙原料，搭配烘焙業者提供優惠的烘焙課程製作出自己的食物。DIY 趨勢確實為枯燥的疫情生活帶來樂趣，但也對德國烘焙產業帶來 25% 負面影響。講者介紹的最後一種為 authenticity trend，消費者對 authenticity food 的定義是手工製作、新鮮天然和從農場直接到餐桌的食物，訴求是回歸原始，也可以納入品牌故事、傳統、傳承精神等附加價值。在疫情

前，臺灣已有不少提供 DIY 服務的烘焙店以及富含在地人情於文化的小農市集，也是相同的趨勢。

- The “well on wheat?” Project: need for highly controlled materials as starting base

現在常用作烘焙原料的小麥(又稱 Common 或 Bread wheat)被認為是對健康沒有益處的品種。相較於古代小麥，現今小麥大多經過基因工程修飾且被認為含較多過敏原小麥麵筋、Amylase/ trypsin-inhibitors (ATI)、lectins 等。因此，了解穀物原料的性質，包括膳食纖維的種類、穀物品種、加工程序等因素，更能釐清穀物食品與人體健康影響間的關聯。穀物樣品的品質控管極具挑戰性，影響品質的干擾源自種植的環境、儲藏、運輸、研磨甚至是販售地。

為此，講者透過選用品系單純 (pure line) 的 3 種小麥品種，以 SDS page 確認小麥純度後進行小量脫殼及研磨流程，加入酵母或 sourdough starter 發酵、烘焙，最後進行烘焙品質測試。結果顯示 3 種小麥品種的酵母及 sourdough 發酵烘焙產品在顏色及口感上沒有明顯差異。目前研究階段可以結合小麥生長環境資訊討論品種及加工是否會對烘焙產品的影響，後續將產品提供給非乳糜瀉小麥敏感 (Non-celiac wheat sensitivity, NCWS) 患者食用，透過小麥對腸胃道的影響和症狀表現探討 NCWS 的成因和機制。在穀物原料製作成烘焙產品中的每道程序都必須嚴格的管控才能夠進行原料品種間、產地間、製程間階段性的比較。

- The “WELLONWHEAT?” Project: comparison of “ancient” and modern wheats processed using yeast and sourdough systems

烘焙原料成分組成影響麵包品質，其中的因素包含作物基因型、生長環境、原料研磨混合、麵團配方、發酵方式。本研究延續上一場講座內容，探討 Bread wheat、Emmer wheat 及 Spelt wheat 三種小麥品種在麵粉、麵團及麵包三個階段間營養組成的變化。小麥穀粒的總膳食纖維含量佔乾重的 12-16%，以多醣阿拉伯木聚糖 (arabinoxylan, AX) 為主要組成，其次為纖維素、 β -葡聚糖、木質素及果聚糖。總膳食纖維和果聚糖含量在 Bread wheat 品種的穀粒中含量最高，其次為 Spelt 及 Emmer。將小麥穀粒製作成麵團和麵包後，總膳食纖維及果聚糖的含量皆下降，在使用酵母系統製作的麵包較酸種麵包含有較高的果聚糖和天門冬醯胺酸。同時也在酸種麵團中發現到可以提升甘露醇及乳酸菌的含量。由於 AX 在發酵過程中溶解度提高使 yeast 和 sourdough system 中的水溶性阿拉伯木聚糖 (WE-AX) 含量提高。

此外 FODMAPs 指一群非消化性且能夠被腸道菌快速發酵的醣類及糖醇類，具益生質益處但也容易引起大腸激躁症 (Irritable bowel syndrome, IBS)。小麥穀粒中的 FODMAPs 的組成為果寡糖及 raffinose 但不含糖醇 mannitol，發酵後麵團及麵包中 raffinose 的含量降低。穀物顆粒中的極性代謝物，像是 acrylamide 前驅物——天門冬醯胺在 sourdough 產品中的含量下降，但乳酸的含量則上升。最後以用多變量分析則可以看出 sourdough 和 yeast system 在麵粉和麵團與麵包間的代謝物明顯分群，但並不表示任一個 system 對健康較有益處。

- Whole grains – New definitions and the role of fibers and other bioactive compounds

美國飲食指南建議全穀的每日攝取量為 48g，可有效降低慢性疾病的罹患。在地球健康飲食指南 (EAT-Lancet commission) 中則建議全穀這種富含巨量及微量營養素來源的攝取量應提高至每日 232g。但實際上穀物的攝取量遠低於指南中建議攝取量，原因可能是大眾對穀物口味上的接受程度較低及對全穀的定義與標籤不明確降低大眾對全穀產品的信心。

為了提高全世界全穀攝取量，ICC 成立了一組來自 19 個國家，領域涵蓋教育、業界、政府相關機構，共 45 名成員的 Whole Grain Initiative (WGI) 工作團隊。目標是制定全穀相關詞彙的定義、評估增加全穀攝取量的經濟效益、教育宣導全穀飲食概念及食品應用策略。以全穀作為原料及全穀食品的定義分別在 2019 及 2020 年由 ICC、AACCI 及 Health Grain Forum 通過。Reynolds 等人 2019 年一篇文獻點出全穀攝取量的制定與穀物種類的選擇有關，攝取 25g 纖維相當於 140g 全穀能夠降低 10% 罹患大腸癌的機率，相同含量的全穀小麥麵粉中僅含有 16g 纖維是建議攝取量的 64%。另外，穀物的健康助益並非全然來自於纖維素的貢獻，而是穀物營養素間的協同效應。因此在界定攝取量時，除了調整計算方式，全穀食品的原料種類、狀態、其他營養素都是需要納入進行全面性的分析評估。

- Communicating whole grain content to consumers: what the latest research tells us

美國全穀物協會 (Whole grain council, WGC) 主要有三個任務，分別是協助消費者找尋全穀食品並了解全穀食物的健康益處、協助供應商及餐廳創造美味的全穀食物食譜、以及提供媒體正確且有趣穀物相關的故事來宣傳全穀的飲食概念。近年全穀飲食推廣有成，

International Food Information Council (IFIC)的報告指出約 80%消費者認同全穀帶來的健康益處並有超過 50%消費者表達願意多吃全穀的意願。WGC 於 2021 的報告表示，注重健康和經常閱讀營養標示的消費者更希望將食品中的全穀含量包括在標示內。

Whole Grain Stamp 便是 WGC 為了想了解全穀含量的消費者提供的標籤，依照穀物原料與食品中的佔比分成 100% stamp、50%+ stamp 及含較多精製穀物的 Basic stamp。在 stamp 的下方會標示每份食品所提供的全穀含量(以 g 表示)，以 100% stamp 提供的含量最高，每份至少提供 16g 全穀；而 50%+和 Basic stamp 至少提供 8g。這種簡單明瞭且經第三方認證的標籤能夠提高 39%消費者的購買意願，也讓 67%消費者提升對產品的信任。Sluyter 等人 2022 年一篇以 Whole Grain Stamp 作為研究案例的文獻結果提到 Whole Grain Stamp 在國際間的使用率由 2009 至 2020 年有高達 4 倍的增長。市面上全穀產品種類普遍為 cold cereals、麵包、零食及麥片形式，而披薩、鬆餅等則鮮少以全穀作原料。目前古小麥及發芽穀物作為原料的使用率有增加的趨勢，全穀的應用上還是有很大的發展空間和新穎性可以吸引消費。另外，認同全穀的味道對產品來說是優勢的消費者比例是不認同的 3 倍，表示全穀原料的添加在營養成分及口味上仍有很大的進步空間。

- The economic impact of meeting the dietary recommendation for whole grains

全穀飲食有助人體健康，像是有效降低心血管、第二型糖尿病、大腸癌等疾病罹患的機率。要推廣全穀飲食，教育大眾正確的飲食知識及制定淺顯易懂、易達成的飲食指南是必要的。健康經濟學(health economics)透過醫療機構及個人產生的醫療成本及費用探討評估策略實施效率，是制定健康策略的重要的工具。想要了解全穀飲食策略帶來的經濟效益，首先評估全穀確切的消費量來了解消費者攝取全穀及精緻穀物的比例及含量，釐清實際狀況與目標的差異。接著從降低疾病罹患風險的相關刊物中收集劑量反應數據，計算降低疾病罹患的全穀攝取量及醫療保健費用支出。估計通過飲食干預節省的醫療成本，最後再扣除教育公眾的計劃及宣傳投資成本便是健康策略帶來的效益。芬蘭一篇研究針對增加成人全穀攝取量對第二型糖尿病健康經濟的影響進行探討。透過模擬情景的計算結果顯示，換算成人口人數是芬蘭 59 倍的美國，每一年可以節省高達 640 億歐元。要達到這麼客觀的經濟效益還是要仰賴食品業者對全穀市場的投資、推行全穀飲食的政策擬定以及正確的全穀飲食概念教育。

- Which food policies to promote whole grain consumption?

Whole Grain Initiative 認為有效且完善的策略能夠提高全穀的攝取量，然而擬定的策略需要相關機構、消費者及食品製造商多方面的配合。飲食指南是全穀飲食推廣上常見的工具，因應飲食習慣及計算方式的差異，全穀攝取量在各國制定的飲食指南中制定的建議攝取量皆不相同。相關指南在量化全穀建議攝取量時需要注意全穀食品的定義並與飲食指南及策略有適當的連貫性。為了普及大眾全穀飲食的概念及實施方法，舉辦兼具趣味和教育意思的活動也是拉近大眾和全穀飲食距離的策略。澳大利亞的 Grains & Legumes Nutrition Council 每一年都會舉辦為期一週的全穀週，活動邀請穀物種植者、食品製造商、營養師等一同策劃，向大眾傳遞全穀的健康益處及達到全穀每日攝取量的食譜及方法。此外，在包裝正面標示營養素含量 (Front-of-pack labeling, FOPL) 是一種簡單易懂的醒目標示工具，讓消費者透過簡單的指數來辨識食品的營養價值。Nutri-score 是 FOPL 的其中一個例子，它根據食品的營養價值劃分成 5 個等級，分別是營養價值最高 A 至最低的 E。Nutri-score 沒辦法突出全穀產品的優勢，且在實施上仍面對消費者的存疑及缺乏食品製造商推廣等困難，因此仍需 whole grain stamp 來表示產品中全穀原料佔比的標示。

- Does gluten stimulate weight gain?

糧農組織和世界衛生組織提出永續的健康飲食指導原則，強調植物性食物攝取量低與健康狀況不佳之間具有正相關性，並且建議需增加植物性食物消費的重要性，包括全穀食品，並且應徹底解決民眾對穀物、小麥麵筋、體重增加和相關慢性病的擔憂。現今許多民眾將穀物食品攝取和體重增加劃上等號，甚至網路上許多文章提到攝取小麥麵筋可能會造成免疫系統紊亂，進而造成體重增加。科學論文中提出對於小麥麵筋導致體重增加有以下兩種可能：1. 小麥麵筋衍生的胜肽會引發類鴉片肽活性 (opioid activity) 促進食慾和食物攝取 2. 小麥麵筋衍生的胜肽造成靜態能量消耗 (Resting Energy Expenditure) 降低。然而，以上的試驗皆是在體外試驗中進行；若是在體內試驗中進行，仍需要考量以下重點：小麥麵筋胜肽是否能被完整吸收，並在血液中保持穩定以維持足夠持久的生物活性來參與食慾和飽足調節的受體結合，並對能量支出的調節造成影響。然而真實的數據卻發現，就連體內調節激素等較長鏈的胜肽如胰島素、升糖素等等，其半衰期也都只有 3-6 分鐘，因此若需進入血液循環並獲得持久的新陳代謝效果，就需要持續輸送以獲得穩定的血液濃度。因此演講主題「小麥麵筋攝取會造成體重增加」的疑問，

由於在飲食中攝取的小麥麵筋胜肽極少的比例會被吸收，大多數會迅速降解，失去其生物活性，並且幾乎沒有明確的證據表明較長鏈的胜肽（大於三個氨基酸）能進入血液循環。因此，攝取小麥麵筋胜肽引起體重增加等下游反應的論點仍被懷疑且不具真實性。

- Measurement of starch in cereal and food products

此篇演講分享了總膳食澱粉、破損澱粉、抗性澱粉以及消化性澱粉的檢測方式。首先定義了這四種澱粉，總膳食澱粉也就是食品及植物中所含有的總澱粉含量，也包括抗性澱粉以及消化性澱粉的總量；破損澱粉是指澱粉顆粒在加工過程中由於物理性的碾壓或化學性的乾熱造成澱粉顆粒破碎；抗性澱粉以及消化性澱粉則分別是在人體的消化酵素系統中是否能被分解來區分。講者也總結了這四種澱粉常見的檢測方法分別是以熱穩定 α -澱粉酶、真菌 α -澱粉酶、胰澱粉酶來測定。並且根據不同的方法，都需要進行不同的前處理步驟和萃取步驟，並且在最適的溫度以及酸鹼值作用環境下也都有差異，因此不同種類的澱粉檢測需要根據其種類，來選擇適合的檢測方式。本方法已通過 AOAC 及 ICC 的實驗室比對測試，未來可以運用在各項穀類食品的研究。

- Identification of reduction strategies for amylase/trypsin inhibitors (ATIS) in foods: development of a LC-MS/MS method

首先講者介紹胰澱粉酶蛋白酶抑制劑(Amylase-trypsin-inhibitors, ATI)，存在於許多穀物中包括大麥、裸麥及小麥，會影響許多昆蟲及哺乳類動物的消化系統作用，尤其一項引起較多關注的是，會引起非乳糜瀉小麥麵筋敏感(Non-coeliac wheat sensitivity (NCWS))。非乳糜瀉小麥麵筋敏感屬於先天免疫反應，在西方國家的人口中具有 6% 的盛行率，攝取到小麥麵筋食品或 ATI 時會引起許多消化性不時如腹脹、腹痛，也甚至會引起頭痛、噁心等等的反應，然而現今引起的病理機制尚未明瞭。因此，需要進一步了解大麥、裸麥及小麥中 ATI 的含量及分佈。本研究的目的是開發透過 LC/MS/MS 來定量大麥中 ATIs 的方法，選擇了 181 種不同的大麥，包括 113 個全球來源的雙稜春麥和 68 個六稜冬麥。總 ATI 含量範圍為 1.25 至 4.67 mg/g；大麥二聚體 α -澱粉酶抑制劑 (BDAI-1) 的含量最高；大多數春季大麥種中，BDAI-1 (>30%) 的比例高於冬季大麥種 (<20%)。所鑑定出的具有低 ATI 含量的大麥種質可進一步用作適用於受小麥麵筋不耐症人群以及未來育種的產品的原料，該方法可以應用於其他食品加工過程，例如飲料或麵包。

- Health benefits of plant fibres to meet the dietary guidelines

本演講將膳食纖維的整個概念用不同層面來探討，分別包括法律層面、不同食物類別的差異，民眾食用纖維的動機以及纖維的營養證據。根據歐盟的定義，「纖維」是指具有三個或更多單體單元的碳水化合物聚合物，在人體小腸中不會被消化也不會被吸收。穀物纖維的營養價值根據現有的科學證據顯示，包括維持正常排便，提高胰島素敏感性，促進腸道益生菌生長，以及減少熱量攝取等等功效。因此，許多證據顯示攝取足量膳食纖維確實是對人體具有益處的。現今，隨著食品加工技術的不斷進步，物理和化學加工使得日常飲食中的纖維越來越降低（從 80-120 克/天到通常低於 20 克/天）。纖維在食品類別中主要使用在纖維強化，脂肪減少或取代，以及減少碳水化合物攝取。富含纖維的食品，期望促進消費者攝取就必須首先提升消費者接受度，那就須從產品口感、外觀、接受度、民眾健康意識及食物選擇種類上來改善。因此講者也在最後結論中提到，需擴大民眾在生活中攝取到膳食纖維的方式，來提昇整體人民的健康，也需要更多的研究來更深入地了解使用不同的穀物原料和提取方法來獲得具有更高纖維含量和獨特纖維特性的纖維。

(四)加工與穀類產品(Session 3、5)

- Texture design of cereal foams by 3D food printing

大多數烘焙食品需要複雜的過程來形成結構和功能特性，包括麵團的麵筋形成、或透過烘烤轉變原料的粘彈性或調控食物結構中孔隙的形成。本研究利用 3D 列印技術來了解麵團和麵包中的材料機制，透過品質分析來確定流變學和列印品質之間的關係，為了研究烘焙產品中孔洞形成，研究者控制加熱溫度同時加上雷射刀的切割技術，最終從結果可知由於加熱使澱粉糊化其**速度和控制孔隙度**與硬度有關，得以調控食品質地對風味的影響，未來可在 3D 列印基礎上開發 4D 列印技術，第 4 個 D 可以是時間也可以是溫度等，也就是說 3D 列印的產品可以隨著溫度或時間而有所變化。

- Fermentation dynamics of non-conventional yeast strains in sweet dough and fermented pastry

本研究利用非傳統的酵母菌(Non-conventional yeast strains; NCY)在不同烘焙產品中進行發酵相關的動力學研究，期待可以提供改善香氣和產品品質。酵母菌會在發酵過程中分解醣類，產生二氧化碳、乙醇、有機酸等代謝物，這些代謝物對麵團或最終產品，會影響其 pH、流變學、體積和味道等特性。本研究分析了 23 種 NCY 用於添加 14% 蔗糖的麵團，觀察 2 小時發酵過程中發酵動力學的顯著差異，利用 HPAEC-IPAD、HPLC 和 GC-MS 等方法測試糖水

解、糖消耗和二氧化碳、甘油、乙醇、有機酸和揮發性化合物的產生。結果發現糖消耗和代謝物(四種酯類)產生之間有高度正相關 ($R^2=0.76$)；此外，NCY 經過一些優化步驟可用於發酵類烘焙食品，鑑於對具有獨特天然成分的發酵麵包產品的需求不斷增長，這項研究的結果有助於研究 NCY 在這些產品中的潛力。

- Importance of the thermoset gluten network for bread macroscopic properties

麵筋結構主要由兩種蛋白質所形成，分別為醇溶蛋白和麥穀蛋白，對於麵團的黏性及彈性有重要的影響，後續對黏彈性的麵團而言，氣室的膨脹與發酵後的氣體保留需取得良好的平衡，最終會決定麵團的體積、質地與結構。在烘烤階段初期，當溫度低於 50°C 時非共價鍵改變，氫鍵減少疏水的鍵結增加，接下來溫度控制達 90°C 之前，麥穀蛋白會在 70°C 左右開始聚合，若高於 90°C 時，醇溶性蛋白會滲入到結構中，因此在溫度高及能量充足的情況下，可以破壞蛋白質分子的雙硫鍵，將它們吸收到結構中，所以烘焙過程中會形成熱固性的麵筋結構。

為了確切了解是來自於麵筋蛋白的鍵結或是澱粉糊化效果，本研究是應用棲熱菌的絲氨酸胺酶 aqualisin (Aq1) 了解熱固性麵筋網絡對麵包質地的影響。研究結果顯示，由於 Aq1 在 30°C 至 90°C 之間具有活性，最佳活性溫度約為 65°C ，所以在麵團混合和發酵過程不會作用，但在高於 80°C 的烘烤過程中開始水解麵筋蛋白，此時酶不再受到抑制並且大部分澱粉糊化並有助於結構形成。Aq1 活性降低了麵筋蛋白的分子量並顯著提高了它們在含有十二烷基硫酸鈉的培養基中的可提取性。然而，它對特定麵包體積沒有影響，僅對硬度、內聚性、彈性、彈性和咀嚼性的影響有限，它會影響麵包結構的凝聚力。此外，烘烤階段的物理化學變化，澱粉糊化是整體麵包質地的主要貢獻者，麵筋聚合似乎對其麵包質地的連貫性很重要。

- Linking water mobility during dough mixing with gluten network formation using NMR

水與麵粉混和會產生富有黏彈性的麵團，然而麵粉不同批次的組成，會因為農業或氣候條件而異，導致不同批次的麵粉有不同的特性，因此了解水分在麵團的分布，能調整出最佳的加工條件，然而水分的分布狀況隨著混合的過程中不斷的變化，這是取決於麵團揉捏時間與水合能力的條件，而水合狀態也與小麥麵筋結構有關。本研究採用時域核磁共振(TD-NMR)弛豫測量法來了解水和食物基質的

水合作用的效果，研究目的在於確定麵粉成分之間的水分分佈，以便更好地了解 and 優化麵團在加工過程中的流變行為。

該研究使用 4 種不同類型的小麥粉在不同的揉捏時間（3-9-12 分鐘）和不同水合程度（50%最佳值和 66%重量的麵粉）下進行，以 TD-NMR 來評估水合動力學的結果。結果顯示，麵團中的水質子分佈隨著揉捏條件在 4 到 5 個條件之間發生變化，水合作用的動態改變可歸因於麵團形成過程中麵筋網絡的物理/化學變化，另外，應該更進一步麵團流變特性與水分分布的關係，並透過影像的研究來驗證並說明水合作用與麵筋網狀結構的關係。

- Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) functionality during the baking phase and oven spring

酵母在麵包製作過程中，會將醣類分解，產生乙醇、二氧化碳、乙酸、甘油等產物，且麵團中會有氣孔的產生，另外在烘烤時，會有烘焙漲力，主要是因為在烤箱中的水和乙醇蒸發以及二氧化碳的熱膨脹有關，本研究評估烘焙期間的酵母活力，及其對二氧化碳和乙醇的生成的效果，最終評估對烘焙張力的影響。結果顯示從酵母性能指標可知酵母菌株 E1 和 V3 有潛力應用在麵包製作上，而在發酵時的酵母性能指標有助於評估酵母在烘烤時的狀況，另外從酵母在烘焙開始 10~12 分鐘(50°C~66°C)仍會消耗葡萄糖並產生乙醇、及其他代謝物如 succinic acid、醋酸或甘油表示酵母此時仍具有活性，此時澱粉的糊化使得雙糖漸漸增加，此外，使用流式細胞儀的測定，酵母在烘焙階段的仍可存活且具有功能性，這是其他研究人員在該領域進行進一步研究的機會。

- Protein distribution analysis of the wheat endosperm reveals potential of bran selection for bread making

小麥的蛋白之所以重要，主要是因為它富含大量的小麥麵筋蛋白，這是麵包質地及結構的特徵，小麥胚乳的蛋白質梯度定量與小麥品種和施氮量有關，可從胚乳蛋白的數量及品質來選擇具有潛力的麩皮來製作全麥麵包。本研究選擇三種栽培品種（每種均在三種氮(N)施肥水平下培養）來研究富含蛋白質的亞糊粉層細胞如何影響蛋白質含量和梯度。隨著氮施肥的增加，觀察到的蛋白質含量增加是與品種有關的，當施氮肥時，品種在胚乳中心的蛋白質含量沒有差異，只有外胚乳不同。與胚乳內部相比，N-施肥導致外部胚乳中蛋白質含量的增加相對較高（亞糊粉層中的最大蛋白質含量高達 32%。小麥澱粉質胚乳中的蛋白質決定了小麥的品質，並呈現出從外胚乳到

內胚乳遞減的定量梯度。因此，品種選擇和施氮肥可能是生產富含蛋白質的麩皮的潛力技術。

- **Correlations between HMF and easily detectable browning indices in bread**

許多食品都含有大量的 HMF(5-羥甲基糠醛)，除熱加工外，其他如乾燥和脫水、烘烤、烘烤和儲存皆是產生 HMF 的重要因素，HMF 具有不同的健康影響，包括顯性和隱性的健康影響。由於 HMF 容易檢測，常作為梅納反應產物-MRP 嚴重程度的指標。本研究旨在評估麵包製程中熱處理強度與 HMF 形成的關係，並研究兩者相關性。作者製作了溫度範圍為 200°C 至 225°C 不同烘烤時間的白麵包，共進行了 24 次烘烤試驗，通過反射比色法和計算機視覺顏色分析評估褐變發展；MRP 在 280、360 和 420 nm 處用分光光度法定量，HMF 用 HPLC 測定。結果顯示，HMF 濃度為 4 到 300 mg/kg dw 不等；顏色指數(100-L*)和強度平均值結果彼此顯著相關($r = -0.961$)和 MRP ($r \geq 0.819$)。通過主成分分析可視化不同熱處理強度 (HTI) 的影響，並使用數據評估 HMF 濃度與其他褐變指數之間的最佳擬合回歸模型，獲得具有高相關係數 ($r > 0.90$) 的模型，了解 HMF 在烘焙過程中的作用，可以對最終產品的品質進行最佳化控制。

- **Plant-based meat alternatives and ultrasonics as an online tool to control their physical quality**

隨著世界人口的增加，糧食的安全及穩定提供是重要的，植物肉 (Plant-based meat alternatives; PBMAS) 在市場中有明顯的增長趨勢，而植物肉是富含植物蛋白的食物，主要是由擠壓的加工技術生產，在加工過後的植物肉能像肉品一樣有纖維結構、咀嚼性及多汁的特性。本研究開發類似雞胸肉的植物肉產品，評估其結構、顏色、營養成分、品質及風味，並與動物性肉品進行比較。此類食品的質地特徵來自原料種類、擠壓條件（如機筒溫度和螺桿速度）以及擠出機模具中蛋白質排列的函數。因此，在 PBMAS 中開發所需質地是一個複雜的過程，需要充分了解和監控以優化產品性能。該位演講者研究的目的是使用擠壓加工結合超音波作為線上工具來控制肉類類似物的物理特性，實驗設計是一個空氣耦合系統(200 kHz-600 kHz)，它被設置於模具出口、生產期間或生產後的實驗室中。該研究結果表明，擠出物纖維結構與超聲性能之間有很強的相關性 ($R^2=0.98$)，講者提到低強度超聲波已顯示出巨大的潛力，可用作在加工過程中實時監測植物性肉類替代品質量的非破壞性工具。植物性肉類替代品質量和超聲波作為在線工具來控制其物理質量

- High moisture extrusion of pulses for the production of meat analogues

在這項研究中，講者欲了解使用 Twinlab-F 20/40 雙螺桿擠出機將豆類麵粉（鷹嘴豆、紅扁豆、蠶豆和黃豌豆）轉化為具有 50% 水合度和溫度高達 100°C 的肉類類似物的能力，特別是使用了由空氣分餾產生的富含蛋白質的**分餾產物**。最初，對麵粉組分進行分析以了解流變行為；研究其糊化特性（ViscoQuick、Brabender®）以了解澱粉和蛋白質在受控條件下加熱和冷卻循環中的行為；評估水的結合能力及油結合能力以了解這些原材料的相互作用；最後研究了混合行為以研究麵團對剪切應力的抵抗力。結果顯示，與傳統肉類類似物相比，鷹嘴豆導致產品外觀不同，無法分辨出類似參考產品的典型纖維，蠶豆和黃豌豆的產品可呈現出與參考相似的特徵。此外，蠶豆和黃豌豆可成功用於生產肉類類似物，可持續為消費者提供高蛋白含量的產品。基於這些知識，未來的研究機會包括為消費者教育制定更有效的策略，為 PBMA 的健康特性提供更多科學證據，尋找更合適的蛋白質來源以提高最終產品的質量，改善外觀和風味，進一步研究確保化學品安全，探索提取或剪切過程中的結構形成機制，制定 PBMA 質量評價的方法和標準。

- Application of high-pressure and ultrasound technologies for legume proteins as wall material in microencapsulation

穀物豆類是一種有價值的食物蛋白質來源，研究人員研究其膠凝和乳化特性，並嘗試將穀物豆類運用於開發微膠囊壁殼材質(wall material in microencapsulation)。與動物來源的蛋白質來源相比，**與**豆類蛋白質相關的問題是溶解度差、功能性低、黏度低以及令人不快的草味和豆**臭**味，因此，應用新興技術來修飾豆科植物蛋白的功能特性以改善包覆特性是必要的方法。該研究應用高壓和超聲波技術於豆類蛋白來改善結構、功能和其他包覆特性，以保護具生物活性的內容物。根據研究市場，豆類蛋白在 2019-2023 年期間市場大幅增加至約 2.66 億美元。一方面，使用豆類蛋白作為微膠囊壁殼材質有助於開發新的機能性食品，從而能夠在特定目標位點控制釋放生物活性化合物，另一方面，消費者持續對有潔淨標章的植物性飲食感興趣也為豆類蛋白質市場的增長開創了市場契機。

- Effect of selected phenolic acids on the behaviour of model dough and gluten structure

小麥麵包若含有膳食纖維和多酚等抗氧化劑將具有保護人體免受癌症及心血管疾病的功能，但對品質會也有負面的效果像是粗糙的

質地及不適合的味道及口感，主要來自麵筋結構受到影響。小麥麵筋主要為醇溶蛋白和麥穀蛋白，會形成黏彈性的網狀結構，在小麥麵團的混合過程中形成；另外關於植物中的多酚主要分為木聚糖、二苯乙烯類化合物、黃酮類化合物及酚酸類化合物，麵筋網狀結構可能會因小麥麵團中添加酚類化合物而受到干擾。本研究中假設兩種酚酸（羥基苯甲酸和羥基肉桂酸）的化學結構差異會影響麵團中的麵筋結構，其使用了三種濃度的酚酸（0.05%、0.1%和 0.2%），並使用 FT-Ramen 光譜確定了麵筋結構的變化。結果顯示，麵團破裂出現的時刻與酚酸芳環中存在的官能團的數量和類型有關，從結果可知羥基肉桂酸的雙鍵結構會加速麵團分解，可能是酚酸滲入小麥麵筋的結構中的共價鍵、氫鍵或是離子鍵，且麵團中有酚酸存在會導致減少 β 轉角及 α 螺旋形成的聚合結構，也會使雙硫鍵有輕微的變化。該項研究的結果可應用於從富含酚類化合物的植物中提取的成分來改變麵團中的麵筋結構。

- Dry heat treated flour, concept and application in a sponge cake

乾熱處理（Dry heating treatment; DHT），可以改變澱粉的物理化學性質，而不破壞其顆粒結構，是一種物理改質法。DHT 麵粉的目的是改善麵包的質地或減少高比例蛋糕（糖的量大於或等於麵粉的量）可能造成塌陷。眾所周知，蛋白質的變性是 DHT 過程的影響，本項研究的重點在以反應曲面法設計在不同的溫度/時間組合來討論小麥粉的 DHT 過程對蛋糕品質的影響。結果顯示，在乾熱條件下 120°C~130°C 處理 20~25 分鐘有最佳的澱粉膨脹能力及疏水性，影響澱粉表面蛋白質的特性來強化澱粉，像是表面顆粒可能發生分子重新排列，或是表面的蛋白質變性，從結果可知因此乾熱處理的麵粉非常重要。用 DHT 麵粉製成的麵糊比對照組麵糊具有更高的粘度，用對照組麵粉和經過麵粉處理的海綿蛋糕具有相似的特性。但隨著 DHT 程度的增加，位於澱粉顆粒表面的蛋白質傾向於暴露其疏水核心，從而產生表面活性功能，部分 DHT 麵粉替代優於完全替代組，本研究證明可用物理方法來製造具潔淨標章的高比例海綿蛋糕之可能性。

(五)穀物生物多樣性及糧食安全(Section 4)

- Breads from African climate-resilient crops for improving diets and food security

撒哈拉附近國家 (Sub Saharan Africa, SSA) 因氣候變化影響其國家的小麥品質及營養素，或稱為 climate resilience crops (CRC)，CRC 最大的問題就是缺乏小麥的麵筋功能，此現象導致 SSA 國家

需要進口 60% 的小麥。為提高 CRC 農產的價值，講者利用微生物發酵或熱處理提升 CRC 的機能性成分，已成功將 CRC 穀物如高粱粉、木樹粉、豇豆粉 (cow pea) 製作麵包、扁麵包及撒哈拉以南國家的烘焙產品(如 chapatti)，但因豇豆粉含有豆腥味因此需使用高溫處理或是微生物發酵方式去除豆腥味，高粱麵粉也需先進行微生物發酵提升其機能性成分。結果中發現到，和精製小麥粉相比，氣候適應作物其營養成分和礦物質和量都和前者相當，甚至含量更高。並且，使用非洲本地種植的氣候適應作物來進行加工，能夠減少對進口食品的依賴，在當地製造許多工作機會，進一步達到提升社會經濟的期望及改善人民的營養。

- **Effect of sorghum varieties on western style bread**

為了面對氣候變化的持續影響及未來消費的糧食需求，我們應該研究新穀物取代小麥的角色如高粱 (sorghum)、黑麥 (rye)、燕麥 (oat)、藜麥 (quinoa) 等，並應用在麵包或是其他烘焙產品等研究。高粱是現今在全球產量排名第五的穀物，並且由於其對於熱以及乾燥的環境都具有良好的適應力，因此高粱也是具有商業應用潛力的作物。本研究探討不同高粱品種加入小麥麵粉對於製作麵包的品質影響，不同高粱種類有不同的成分及機能性成分，雖有些品種滿適合做麵包但需要更深入的研究，目前的研究結果顯示添加 20% 的紅高粱 (red sorghum) 及白高粱 (white sorghum) 不會影響到麵包的體積。

- **Research supporting the human utilisation of rye and oat**

歐洲的裸麥和燕麥的產量在全球市場中分別佔有 85% 和 55% 的產量。近年來隨著健康意識抬頭，越來越多民眾注重在植物飲食及高纖飲食，因此更多科學家注重在新型加工的技術開發。不同種類的裸麥在組成分上差異不大，然而在烘焙後的產品之間卻具有不同的表現，例如 Dankowskie Dement 品種比較適合製作麵包。另一方面，燕麥在不同品種之間不管是組成分或是產品表現上皆具有顯著差異，主要是脂質及膳食纖維含量。燕麥最大的問題是含較高的脂質而容易氧化，且在儲存期間亦會隨著溫度氧化，會造成其物理特性包括黏度及硬度都發生改變，此外甚至會造成巨量營養素，如蛋白質的組成發生改變，講者嘗試以高溫處理減少氧化的問題，但實驗結果顯示高溫處理無法阻止氧化同時高溫處理也會影響到麵團的黏度。

- **Processing of quinoa for germ extraction and its application in development of germ enriched pasta**

藜麥 (quinoa)營養價值高，被稱為超級食品，由於完善的基本營養素及礦物質組成，能作為優質的營養來源，約含澱粉 50-55%、蛋白質 12-19%、脂質 5-8%，膳食纖維 8-10%等。因藜麥耐高溫，在氣候變遷的前提下仍能提供糧食和營養安全。本研究嘗試以新興技術來開發藜麥的營養和功能性產品，並探討其在加工過程中的反應。結果發現到研磨碾碎的過程中仍能夠維持 80%以上的養分，並且也觀察到在發芽後的藜麥顯著增加了蛋白質、脂質及礦物質的含量。將藜麥在製作義大利麵時，會影響到顏色、烹煮時間 (cooking time)、烹煮耗損 (cooking loss)、膨潤力 (swelling capacity) 等指標，隨著藜麥比例增加其指標的值上升，但還在可接受範圍，在品評結果顯示添加 20% 的藜麥的接受度最高。因此添加 20% 的藜麥在義大利麵上，可以添加義大利麵的蛋白質含量、脂質、礦物質及膳食纖維含量，並值得使用。

- Evaluation of the shelf life of gluten-free couscous from germinated quinoa

除了製作義大利麵之外，藜麥也可以做出北非小米 (couscous)，本會議中藜麥是相當熱門的食品，然而在厄瓜多近年來所遇到的問題是藜麥生產過剩，因此需要更多新興產品開發的技術投入來改善現況。並且近年來對優質無小麥麵筋食品的需求增加，藜麥也是具有很大的潛力應用在無小麥麵筋商品的開發。在此實驗中將發芽的藜麥更進一步製作成蒸粗麥粉，先前研究證實蒸粗麥粉能夠獲得更好的感官和功能特性，並能提高蛋白質和澱粉的消化率，因此本研究利用由發芽藜麥製成的無小麥麵筋蒸粗麥粉製作北非小米，但發芽藜麥會影響到北非小米的水活性及游離脂肪酸並影響到北非小米之保存期限。為探討對保存期限之影響，藉由估計蒸粗麥粉變質速率的反應順序，來比較三種包裝材料對蒸粗麥粉和發芽藜麥的保存期限的影響。結果中發現到，發芽藜麥的蒸粗麥粉在第 90 天時仍未超過總好氧菌、總大腸菌群、黴菌和酵母菌的最大限制值，並且在儲存過程中水分活性被認為是對保存期限下降的最大因素。最後也在包材選擇實驗中發現聚乙烯聚酯比紙板包材更能夠延長期保值期，是為良好的包裝材料選擇。

- Baking quality of organic heterogeneous material and variety mixtures: much more than flour blends

本研究在探討有機育種的創新技術，希望藉由有機的異質原料種植來提昇多樣性，來提高作物穩定性及互補性。在結果中發現到，種植的比例和產物的比例之間具有很大的差異，可能原因有兩點：首先種植在同一片土地的不同物種之間可能會具有競爭性，對於根

的生長之間具有競爭性，或是在養分攝取的速率上也有所差異，因此造成不同物種間生長狀態也會有所不同。因此，期望透過重於不同種類作物來提高物種複雜性，需要謹慎考慮及研究不同物種間的交互作用，是否是具有競爭或是協同效應，都會影響到最終產物的產率。

- Influence of agronomic practices on antioxidant compounds of pigmented wheat and tritordeum cultivars

穀物在人類飲食中扮演至關重要的作用，全麥穀物是膳食纖維的豐富來源，並且也具有許多活性化合物。有色小麥含很豐富的抗氧化成分如類胡蘿蔔素 (carotenoids)、花青素 (anthocyanins) 等成分，如 Tritordeum (黃色小麥) 和很多的類胡蘿蔔素。本研究利用不同種類的軟質小麥和 Tritordeum 來探討其生長狀況及活性功效表現，也使用不同研磨策略來達到最大營養程度。不同種類的有色小麥含有不同的抗氧化和蛋白質成分，由於不同的基因、土壤中的氮含量等因素造成，黑色小麥含最高的抗氧化成分如酚酸 (phenolic acid)、花青素等成分。同時由於生物活性化合物在穀物的三個部分（胚乳、果皮和胚芽）中分佈不均，其分佈因營養素的類別而異。其中主要的抗氧化物質-花青素，會集中在穀物外層，因此選擇適宜的加工技術，保留外層的結構，能夠維持產物中的生物活性物質，最大化產品的應用性及商業價值。

(六)穀物品質、安全及檢測(Section 6a-6b)

另一方面，穀物中有很大的問題就是黴菌毒素 (Mycotoxin) 污染的問題，文獻指出幾乎有 8-88% 的穀物類食品有黴菌毒素的污染，主要的黴菌毒素有 *Fusarium* mycotoxins 包含 deoxynivalenol (DON)、zearalenone (ZEA) 及 mycotoxin enniatin B (ENB) 的結合。在本會議中有提到很多種方法減少穀物黴菌毒素的污染，第一種方法是使用分解 ZEA 酵素，Lactonohyrolases，其酵素並沒有輔因子，也較少的雌激素，使用 30 分鐘可明顯的減少黴菌毒素，大約 24 酵素可減少全部分的黴菌毒素。第二種方法是使用微生物，微生物產生的蛋白質對於黴菌毒素的減少有很明顯的幫助。

以上是穀物會遇到的問題，希望能夠找的更快、方便及簡單的方法檢測小麥麵筋含量，也希望未來越多無小麥麵筋標章，讓有乳糜瀉疾病的人更方便找到適合可飲食的食物，最後希望可開發更多無小麥麵筋烘焙產品讓乳糜瀉疾病的人可享受烘焙食品的美味。

- Analytical toolbox to assess the safety of gluten-free products

小麥麵筋是存在與穀物中的蛋白質也是造成乳糜瀉 (Celiac

Disease)的過敏原，歐盟針對含小麥麵筋產品的標示建立一項規範，包括含小麥麵筋產品需強制標示及無小麥麵筋產品中小麥麵筋含量需控管在 20mg/kg 以下，以避免乳糜瀉及非乳糜瀉小麥麵筋敏感(non-celiac gluten sensitivity, NCGS)患者攝入後引起過敏。小麥麵筋的分析的困難來自化合物結構複雜性、患者個體差異及分析方法多元。不同品種小麥麵粉所含 prolamins 和 glutelins，在 HPLC 法所得的圖譜樣態不同，因此 gluten 的測定必須以原理及敏感度相同的分析方法上執行才有可比較性。另外，小麥麵筋溶解度差、食物基質干擾及缺乏標準品也提高小麥麵筋在分析上的難度。

小麥麵筋分析常用的方法為酵素結合免疫吸附分析法 (ELISA)及液相層析串聯質譜法 (LC-MS/MS)。2017 年一篇文獻利用兩種小鼠來源抗體表位不同的試劑組測定小麥麵粉中引起乳糜瀉的胜肽 (CD-active peptides)，結果顯示偵測率加總起來約為 33%，表示高達 66%的 CD-active peptides 未被檢測，無法充分代表 CD 患者對小麥麵筋的免疫原性 (gluten immunogenicity)。啤酒的原料為大麥，因此存在是否含小麥麵筋的疑慮。和對照組小麥麵筋蛋白相比，啤酒在發酵過程因酵素水解使測定結果呈現陰性，但酵素水解後若保留了具有 CD-immunogenicity 的完整氨基酸序列，則會檢測出小麥麵筋含量仍引起 CD 患者乳糜瀉的可能，是可進一步探討及釐清的方向。

- High-resolution solid-state NMR for unraveling the structure of water-unextractable arabinoxylan in wheat flour

膳食纖維能夠降低心血管、糖尿病、癌症罹患機率等健康助益，其來源主要為穀物小麥的攝取。Arabinoxylan (AX)是小麥主要的膳食纖維組成，AX 由木糖以 β -1,4 鍵結形成骨幹並帶有阿拉伯糖基側支以單取代或雙取代的形式結合，形成結構複雜的多醣。AX 在物種間具有結構差異性，穀物來源的 AX 的木聚糖骨幹上的側支主要以 α -1,3 鍵結單取代及 α -1,2 加 α -1,3 鍵結雙取代存在，側支還會有酚酸 ferulic acid 修飾。精製小麥麵粉中 AX 佔重量的 1.4-2.8%，多醣的營養及加工特性與其含量、物化性質 (溶解性)及結構有關。AX 依溶解性質分為水可萃 (water-extractable arabinoxylan, WE-AX)及水不可萃 (water-unextractable arabinoxylan, WU-AX)，小麥麵粉中多以 WU-AX 為主，約為 70-80%。多醣結構像是阿拉伯糖基取代形態與分子量分佈及取代程度，被認為是影響多醣性質的主要因素。

核磁共振 NMR 是多醣結構解析常用工具，相較於多醣需先經酵素及鹼處理液化的液態 NMR，固態 NMR 技術在 WU-AX 的解析中

更能表現出原始結構特性。Frederix 等人 2004 年一篇文獻針對 Evina 小麥粉麵團中含有 40.9% AX 的 unextractable cell wall material (UCM) 以固態 NMR 進行結構解析。結果顯示，UCM 經水合作用能夠提高 NMR 圖譜的解析度。透過 ^{13}C 譜中阿拉伯糖及木糖在不同取代形態下化學位移的差異，可以得知該小麥所含 AX 約有 60% 的木糖未被側支取代，而被側支單取代及雙取代的比例接近 1:1。因此固態 NMR 是了解 AX 結構複雜性的工具，進一步釐清結構與功能間的關係及酵素修飾後結構特徵的差異。

- The next chapter of the reference material journey-rye and barley in gluten quantification

酵素結合免疫吸附分析法 (ELISA) 具有高專一性和敏感性，是測定食品樣品中的小麥麵筋含量常用的工具。Bogyi 等人使用 7 種市售用於食品中 gluten 及 gliadin 定量的測試盒測定餅乾中 gliadin 的回收率，評估試劑盒效能及實用性。結果顯示大部分試劑盒測得數據的 gliadin 含量與預期的存在差異，表示方法開發和驗證過程需更加嚴謹。小麥麵筋屬於蛋白質的混合物，蛋白質表現的差異來自穀物 genotype-by-environment interaction (GxE) 及加工過程的影響。在分析方法上除了試劑盒設計 (如抗體或表位選擇) 外，還需要考慮產品製備及加工方式、基質效應及蛋白質多態性。因此需要能夠佐證實驗結果可靠性及可比較性的參考物質 (reference material) 來克服檢測樣品或目標物的性質及分析方法的影響。

選用 23 種品種且不同收割年份的小麥，以單一品種或混合的模式搭配兩種 ELISA 套組及層析法進行 gliadin 含量及 gluten 組成分析，同時評估環境對小麥 genotype 的變異程度。結果顯示 gliadin 含量的差異來自小麥品種及 ELISA 測試套組，而不同品種和採收年份的小麥及混合小麥品種的麵粉在 gluten 組成上並無顯著差異，表示 GxE 變因是參考物質選擇的考量因素。混合數種小麥來源之麵粉組成的參考物質雖然在製備上較單一品種的組別複雜，但包含了 GxE 變因使其更具有代表性。除了小麥，大麥和裸麥也是引起乳糜瀉的禍因，利用兩組 ELISA 測試套組、液相層析法及膠體滲透層析法測定 gluten 含量，同時進行方法比較。分析方法在大麥樣品所得實驗結果的差異較為顯著，更顯現不同穀物品種 gluten 含量測定需要校正物質輔助、分析方法間轉換係數及 ELISA 表位組成等方面多加琢磨。

- Collaborative study using an unprecedented wide range of matrices for gluten analysis

RIDASCREEN® Gliadin 是一種以三明治 ELISA 法為原理，長期被應用於食品中所含小麥麵筋定量的工具。利用專一性的單株抗體 R5 與加工及未加工食品中致乳糜瀉相關蛋白質的氨基酸片段結合，再以 PWG-gliadin 標準品定量出小麥麵筋含量。該試劑盒已被 Codex Alimentarius、AOAC、AACCI 等機構歸納為官方及標準方法。食品中複雜基質及加工程序是測定結果的干擾因素，在 2020 年的第三次的實驗室比對 collaborative study 以 19 種食品基質探討該方法的適用性，測定的基質除了原料不同，也含跨了不同添加物(如香料、脂肪等)及加工程度及方法(如高溫烘烤及油炸)食品。經不同加工方法及添加不同含量及來源 gliadin 的樣品被送往奧地利、加拿大、芬蘭等國家共 14 家實驗室進行測定。各實驗室測定結果顯示在大多基質中 gliadin 的回收率都介於 70-130%且不同來源的 gliadins、加熱程度及 gliadin 添加濃度對不同基質樣品中回收率及精確度並無顯著影響。但添加 MoniQA 麵粉及 PWG 來源 gliadin 的果汁及巧克力蛋糕所得回收率則介於 56-80%且相對標準差 (RSD) 也相對較高。推測 MoniQA 麵粉及 PWG 來源 gliadin 無法完全溶解於果汁中進而造成聚集沉降的現象，使實驗結果的精密度和準確度較低。而巧克力蛋糕中高含量的可可及烘焙時的高溫也可能是造成 gliadin 在巧克力蛋糕中回收率較低的原因。由此可證，以 RIDASCREEN® Gliadin 試劑盒的測定結果不受大部分基質和加工方式的干擾，檢測對象除了以稻米和玉米為基質的食品外，也覆蓋豆

- Mycotoxins reduction strategies to reintroduce grain side product streams into the food value chain

黴菌毒素 (mycotoxin)是黴菌於豐富醣類及蛋白質的穀物中產生含有毒性的二次代謝產物造成糧食浪費，透過生物技術的開發有效降解黴菌度數的方法，以確保穀物原料的食品安全。本研究以玉米赤黴烯酮 (zearalenone, ZEA)為目標，其為普遍存在於受黴菌感染的穀物作物以及乳製品中，具生殖毒性和致畸性。

降低黴菌毒素的策略有兩種，分別是酵素及功能性微生物的應用，但皆需要先進行穀粒預處理(Kernel pre-processing)。穀物預處理利用電磁波、機械波或 Cold needle perforation 三種方式作為活性物質進入穀粒核心的通道。後來選擇 Cold needle perforation 的方式，搭配掃描式電子顯微鏡及螢光顯微鏡來確認孔徑及物質穿透效果，Cold needle perforation 能在穀物表現產生約 200µm 的孔洞並成功使粒徑 4.2nm(酵素)及 10µm(微生物)的物質進入穀粒內

部。

可透過液相層析串聯質譜法 (LC-MS/MS) 進行以酵素處理使黴菌毒素降解過程的定性及定量分析，以 QTOF 質譜儀搭配非目標物分析模式可檢測小麥萃取物中黴菌毒素種類，該方法的檢測極限 (LOD) 為 $0.1\mu\text{g/kg}$ 且定量極限 (LOQ) 為 $1\mu\text{g/kg}$ ，表示方法的極限遠低於除玉米以外未加工穀物中 ZEA 的殘留允許量 $100\mu\text{g/kg}$ 。藉由 LC-MS/MS 也可確認 ZEA 在酵素作用下含量變化同時也可檢測在過程產生的代謝物。ZEA 在 lactonohydrolases 作用 0.5 小時後，結構上的 lactone 被水解開環形成 hydrolysed ZEA (HZEa)。水解作用 24 小時後 ZEA 將完全轉換成 HZEa 並自發性轉換成部分 decarboxylated hydrolysed ZEA (HDZEa)。

另一種是利用微生物去除毒素的方式，先從 213 株乳酸菌或芽孢桿菌屬中篩選出 47 中能夠降解 80% ZEA 的菌株，再進行毒素結合及蛋白釋放機制的探討。初步結果顯示，viable cells 樣品被觀察到大於 80% 的 ZEA 減少，在 cell-free 上清液及 cell extract 中沒有 ZEA 減少也沒有酵素及結合蛋白被分泌，在 dead cells 中約 10% ZEA 減少表示某個結合的機制是有可能在這之中發生。後續研究將結合預處理、酵素及微生物應用於受黴菌感染的小麥穀粒上，以評估方法的效率。

- Chemometric models based on 2d-fluorescence spectroscopy for rice sourdough fermentations

酸麵團是透過微生物發酵的酸化麵團，發酵過程產生的代謝物能使會引起小麥麵筋過敏的酵素失活，同時增加麵包的風味與營養價值。隨著無小麥麵筋產品的需求量增加，選擇不含小麥麵筋的稻米作為替代原料既能達到無小麥麵筋的要求也能改善相關產品外觀及口感等品質。酸麵團發酵過程的監控複雜，利用二維螢光光譜學作為基礎發展出一套非破壞性且簡便的化學統計模式 (Chemometric models)，作為以全穀米麵粉為原料的酸麵團發酵過程監控的工具。加入 10% Bocker 菌醃的麵團在 32°C 下發酵 24 小時，除了以螢光光譜監控細胞狀況和過程變量 (如生物量和細胞密度) 的信息外，也會檢測酸麵團的特徵 pH 值和可滴定酸總量以及糖類等代謝物的含量變化。比對發酵前後麵團的螢光光譜變化，NAD(P)H 的訊號在發酵後有明顯減少，而 FAD 訊號則明顯增加。此外，螢光光譜結合線性迴歸模式可以預測出低錯誤機率的 pH 值及酸度。主成分分析 (PCA) 結果表示，使用不同原料、菌醃濃度及發酵溫度所得酸麵團出現明顯分群。而以 HPLC 法測定的單糖、雙糖、有機酸及乙醇則需要氣體感測器 (gas sensor) 的輔助才能降低

預測模式的誤差。

- Pulses pasta: innovation from the past

豆莢類具有常久的人類食用歷史，除了富含蛋白質、膳食纖維、酚類化合物外，也是無小麥麵筋穀物之一，是新穎且合適的小麥產品取代原料。2018 年 FAO 指出美國、英國、德國等國家對豆莢類的攝取量低於 50 kcal/capita，原因可歸咎於豆莢類含 antinutritional compounds 影響消化吸收能力，在加工上耗時且缺乏形成小麥麵筋的蛋白質。為了克服豆莢類在原料應用及消費者喜好的難題，探討原料預處理及製造流程對產品 pasta 品質上的影響是必要的。選用市售兩種品牌 (分別是 brand A 和 B) 的 chickpea pasta 及 red lentil pasta 探討於最適及過度烹煮時間下 pasta 吸水性、cooking loss 及硬度的差異。結果顯示 brand B pasta 在最適及過度烹煮的情況下，cooking loss 的情況顯著小於 brand A 且硬度也是 brand A 的 1-2 倍，表示相同原料下不同品牌在產品製作過程上的差異也會影響 pasta 品質。豆莢類因不含小麥麵筋，在製程 pasta 前需要經過 pre-gelatinization 來修飾澱粉顆粒形成更緊密的結構。以 red lentil 為原料為例，不經預處理 native flour 直接進行 extrusion 會出現高達 45-49% 白點，豆粉經 pre-gelatinization 的製品出現白點的機率下降至 7-9%，推測 pre-gelatinization 使澱粉和蛋白質結構被修飾進而使產品在混合過程中機械抗性變強。利用差示掃描量熱法 (DSC) 發現，在 pre-gelatinization 的過程中使蛋白質變性且澱粉的糊化溫度提高。

- Increasing resistant starch content of traditional Turkish pasta (Eriste) by using high amylose durum wheat

MEDWHEALTH 是以營養價值較高的小麥麵粉或混有大麥或扁豆小麥麵粉為基質所發展出的新形態地中海飲食概念的研究計畫，目的是為了透過飲食改善慢性疾病的罹患率。MEDWHEALTH 計畫先從原料及低升糖指數或功能性食品的生產及特性分析開始，再評估食品的健康助益、value chain 及消費者購買意願，最後再對大眾進行推廣。穀物中主要成分澱粉依照消化特性分成快速消化澱粉 (rapid digestible starch, RDS)、緩慢消化澱粉 (slowly digestible starch, SDS) 及抗性澱粉 (resistant starch, RS)。

抗性澱粉是無法被小腸吸收的澱粉及澱粉消化產物又可分成 5 個類別。第一類 (RS1) 為澱粉消化酵素無法水解的澱粉，存在於穀類及種子的胚乳中，澱粉顆粒被蛋白質基質及細胞壁物質包圍導致酵素無法作用。第二類 (RS2) 為存在於生馬鈴薯、青香蕉、高直鏈

玉米澱粉中具抗性的澱粉顆粒，除了糊化溫度較高的高直鏈玉米澱粉外，第二類 RS 在烹煮後都能夠被酵素水解。第三類 (RS3) 為存在煮熟放冷之米飯、麵包等的老化澱粉中，這是因為直鏈澱粉和鏈長較長的支鏈澱粉在冷卻過程中形成雙股螺旋，無法讓酵素結合位進行嵌合，因此又稱為回凝澱粉。第四類 (RS4) 為經化學修飾的澱粉，而第五類 (RS5) 為澱粉和脂肪的螺旋狀複合物。

RS 具有預防大腸癌、益生質特性、減少膽結石形成、體重控制等健康益處。RS3 是最常作為 RS 的生產方式，影響 RS3 含量的主要因素有直鏈澱粉含量、澱粉鏈長、殺菌條件、儲存溫度及澱粉凝膠時間。該研究目的是利用冷熱循環 (heating-cooling cycle)，增加 RS3 在一種土耳其 pasta (又稱為 Eriste) 中的含量。

本研究利用直鏈澱粉含量不同的兩種杜蘭麥 (Durum wheat) 麵粉為原料，探討冷熱循環時間長短所得麵粉對產品 Eriste 升糖指數及抗性澱粉含量的影響。結果顯示，直鏈澱粉含量較高的小麥麵粉 (HA-Svevo) 不管在冷熱循環時間長短的操作條件下，皆含較高的 RS 含量及較低的升糖指數。HA-Svevo 組別在冷熱循環時間較長條件下所得的 RS 含量由 6.4% 提高至 7.3%，是一般麵粉的兩倍。因此受冷熱循環作用的高直鏈澱粉含量小麥麵粉能夠產生較多的 RS3，有助發展新形態地中海飲食的食物。

五、心得與建議

感謝農委會農糧署的支持，透過參與 ICC 國際組織平台，持續參加國際會議，使穀物產業有效建立國際合作管道，提升國際能見度。本次會議為實體與視訊混合辦理，且會議時間以歐洲時間為主，由於時差的緣故，即時配合會議時間對參加者並非很方便，所幸主辦單位在事後提供演講者之錄影可於會後上線觀看。參加本次會議之心得與建議分述如下

(一)應採取措施因應氣候變遷與世界政經局勢瞬變

近年來的極端氣候加上今年以來的烏俄戰爭均造成全球穀物價格之劇烈震盪及通貨膨脹，因此農業淨零排放及確保生物多樣性因應而生，然在地化食材的充分利用更顯重要。

(二)消費者的需求朝向健康與溯源

穀物產業的發展趨勢必定與消費者需求有關，包括避免致敏食材、具健康概念、在地化的食材運用。因此，目前我國推動的大糧倉計畫擴大稻米以外的穀物種植與運用，正符合世界潮流，若能更進一步投入資源鼓勵以國產穀物發展全穀食品，擴大全穀食品的加工運用，除了降低碳足跡、減少廢棄物，更有助於促進國民健康。