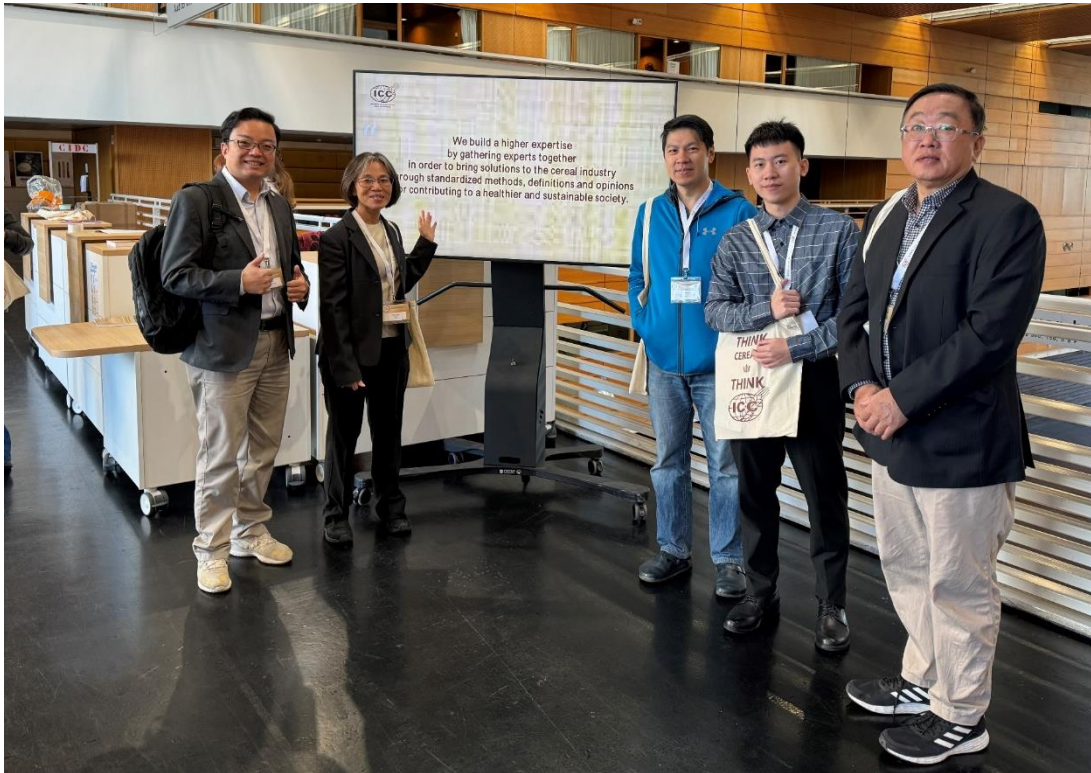


出國報告

參加 2024 第 17 屆穀物與麵包國際研討會

17th ICC International Cereal and Bread Congress-
Healthy Cereal Diets for Sustainable Food System



國立臺灣大學食品科技研究所鄭光成教授

臺北醫學大學保健營養學系夏詩閔特聘教授

農業試驗所姚銘輝研究員

中華穀類食品工業技術研究所許瑞瑱組長

國立臺灣大學農業化學系蘇靖峰同學

出國期間：中華民國 113 年 4 月 22-25 日

報告日期：中華民國 113 年 5 月 21 日

目次

一、摘要.....	3
二、前言.....	4
三、行程.....	5
四、參加 ICBC 國際研討會.....	7
(一)我國代表團與會活動.....	7
(二) 會議內容.....	11
五、結論與建議.....	41
六、謝誌.....	42

一、摘要

本次由 ICC 總部和法國 INRAE(國立農業、食品與環境研究所, National Research Institute for Agriculture, food and the Environment)共同舉辦之第 17 屆穀物與麵包國際研討會- 永續的食品供應系統的健康穀物飲食個別需求與選擇所設計之穀物食品與飲品 (17th ICC International Cereal and Bread Congress-Healthy Cereal Diets for Sustainable Food System)於 2024 年 4 月 22 日至 4 月 25 日於法國南特舉行。在四天的會議中，計有來自全球 42 個國家及 296 位專家學者與會。廣泛討論穀物的各面向，包括育種、加工、營養、分析檢驗、消費者觀點等，以促進消費者健康為主軸，並以永續發展為展望，透過新科技的導入及傳統加工的改善，賦予穀物食品新的風貌與發展。我國共五位代表組團參加，共發表口頭報告 3 篇與壁報論文 1 篇及共同主持一場次；同時，穀研所許瑞琪組長參加 ICC 技術委員會議、ICC 執行委員會議及 ICC 會員大會。此外，在研討會期間向各國專家推廣我國即將於今年 11 月份辦理的國際研討會。

二、前言

穀物與麵包國際研討會(ICBC)每隔 4 年舉辦一次，本次為第 17 屆舉辦，由 ICC 總部與法國國立農業、食品與環境研究所(INRAE)共同主辦。

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），該總部位於奧地利維也納，有五十多個成員國。與美國 AACCI 齊名，皆為全世界重要的穀類食品專業組織。

我國自 2005（94）年 7 月以奧會模式 Chinese Taipei (Taiwan) 之名義，原由臺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，於 2015 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並積極參加 ICC 各項活動。在外交部及農委會支持下持續加入總部位於歐洲之 ICC 後，擴大國內穀物產業的國際視野，掌握國際潮流，增進國際接軌，並提高我國穀物產業在國際的能見度。也由於持續選派代表深度參與國際穀類相關工作與研究小組及國際研討會，做為橋樑連結世界各國穀物最新加工製程、產品開發、製作之方法及檢驗等方面資訊、技術與經驗等，並提供給國內業者，以提升產業競爭能力。

本次與會代表除透過研討會了解穀物從育種到產品消費的各個面向及發展趨勢之外，更發表口頭報告及壁報論文讓與會專家更了解臺灣在穀類食品的穀物研究成果，並在會議期間與各國穀物專家的交流，介紹我國即將於 2024 年 11 月舉辦之 ICC 國際研討會。同時，會議期間穀研所許瑞琪組長參加 ICC 技術委員會議、ICC 執行委員會議及 ICC 會員大會。

三、行程

(一)參加成員

姓名	服務機關(單位)	職稱
鄭光成	國立臺灣大學食品科技研究所	教授
夏詩閔	臺北醫學大學保健營養學系	特聘教授
姚銘輝	農業試驗所	研究員
許瑞瑱	中華穀類食品工業技術研究所	組長
蘇靖峰	國立臺灣大學農業化學系	同學

(二)行程

日期	地點	工作摘要
4 月 20-21 日	經法蘭克福轉機至法國南特	啟程出發
4 月 22 日	法國南特	註冊 張貼壁報 許組長參加 ICC 技術委員會議、執行委員會議 參加大會歡迎晚會
4 月 23 日	法國南特	大會開幕式 參加專題演講及壁報論文發表交流
4 月 24 日	法國南特	口頭報告：夏詩閔特聘教授、蘇靖峰同學 壁報論文發表交流：鄭光成教授 參加專題演講及壁報論文發表交流 許組長參加 ICC 會員大會 大會晚宴
4 月 25 日	法國南特	口頭報告：姚銘輝研究員

		共同主持 Whole Grain Session：許 組長 參加專題演講及壁報論文發表交流 大會閉幕式
4 月 26-27 日	經阿姆斯特丹 轉機回到台北	返國

四、參加 ICBC 國際研討會

本次穀物與麵包國際研討會是第 17 屆舉辦，會議地點位於法國南特市會議中心(Citi Congress Center)，計有 42 個不同國家 296 位學者與會。會議分為 29 個部分，共計 132 篇專題演講與口頭論文發表，以及 98 篇壁報論文發表。本次我國代表團共計發表 3 篇口頭論文報告及 1 篇壁報論文。

(一)我國代表團與會活動

1. 口頭論文發表

- 國立臺灣大學農業化學系蘇靖峰同學：
Effective pH-Controlled-Releasing and Antioxidant Properties of Ellagic Acid Encapsulated with Oxidized-Crosslinked Dual-Modified Starch Microgel
- 臺北醫學大學保健營養學系夏詩閔特聘教授：
Gastroprotective Capacity of Dehulled Adlay Extrudate and the Change on Active Ingredients During Storage
- 農業試驗所姚銘輝研究員
Building a Resilient, Sustainable Cropping and Production System for Rice Cultivation in Taiwan

2. 壁報論文發表

- 國立臺灣大學食品科技研究所鄭光成教授
Enhancing the Nutritional Value of Fermented *Chenopodium formosanum* Through environmentally Friendly Bioreactors

3. 共同主持會議

中華穀類食品工業技術研究所許瑞瑱組長和瑞士雀巢公司 Dr.

Kim-Anne Le 共同主持 Whole Grain Session (全穀場次)。

4. 交流與宣傳

除了透過口頭發表展現我國穀物加工研究的成果，我國代表團在會議期間的茶敘時間和各國專家進行交流討論，並發送我國即將在 2024 年 11 月辦理國際研討會的宣傳單，邀請與會專家踴躍參與。

5. 參加 ICC 會議(穀研所許瑞瑱組長參加)

- ICC 技術委員會議

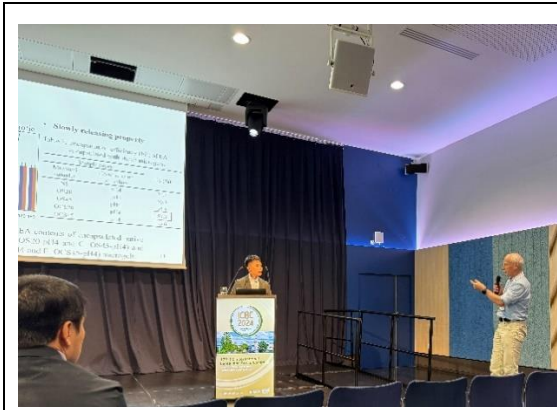
於 4 月 22 日下午 1:30~3:30 參加 ICC 技術委員會，由技術委員會主席 Valentina Narducci 主持，報告目前進行中的 ICC 標準與審核已完成比對試驗的 ICC 標準，另外以腦力激盪的方式，討論未來 ICC 標準如何更為會員接受與利用。

- ICC 執行委員會議

ICC 執行委員會於 4 月 22 日下午 4:00~6:00 舉行，由 ICC 會長 Bertrand Matthaus 主持，由於近期為了納入 Whole Grain Initiative 而修訂了會員組織，且先前因為疫情而使 ICC 會員稍減，故在會議中執行委員均熱烈討論如何透過持續辦理 ICC 研討會及強化與各會員之合作，來擴大 ICC 在穀物科學與產業界的影響力。此外，我國將辦理 2024 ICC 國際研討會已列入 ICC 2024 年的重點推廣項目。

- ICC 會員大會

ICC 會員大會在 4 月 24 日中午 1:00-2:00 舉行，由 ICC 會長 Bertrand Matthaus 主持，報告內容與執委會的內容相近，但對象為所有 ICC 會員。



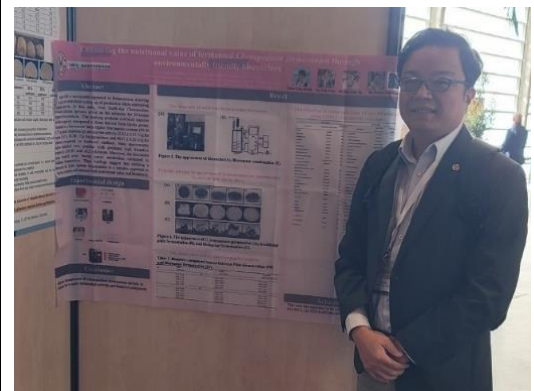
蘇靖峰同學口頭論文發表



夏詩閔特聘教授口頭論文發表



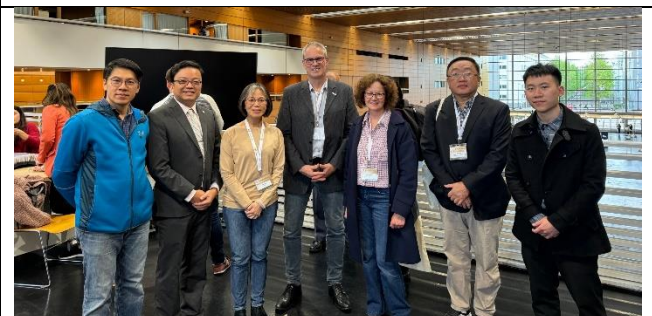
姚銘輝研究員口頭論文發表



鄭光成教授壁報論文發表



許瑞琪組長共同主持會議



與 ICC 會長 Bertrand Matthaus 合影



和法國及非洲貝南專家交流



美國普渡大學 Bruce Hamaker 教授及
ICC 前會長 Jan-Willem van der Kamp



美國普渡大學 Bruce Hamaker 教授及
ICC 前會長 Charles Brennan



墨西哥專家 Sergio Serna-Salvidar、
ICC 秘書長 Veronika Haslinger、ICC
前會長 John Taylor



與 ICC 技術委員會主任委員 Valentina
Narducci 合影



與贊助商 Anton Paar 合影

	
<p>和義大利、加拿大、義大利專家交流</p>	<p>和美國營養學家 Julia Jones 及其他專家交流</p>

(二) 會議內容

1. 大會演講

由於 ICBC 是 ICC 四年一度的盛會，因此大會開幕式後，安排了兩位專家針對本次會議主題-穀物供應鏈的永續營養發表專題演講，另外還有兩位獲得 ICC Harald Perten 獎項專家之專題演講。

德國 Hohenheim 大學 Friedrich Longin 教授對本次會議主題進行了專題演講：全球人口到 2050 年將達 100 億人，但有 10 億人處在挨餓邊緣，20 億人患有微量營養素缺乏（所謂的隱性飢餓），還有 20 億人過重，食物生產不足及分配不平均，是需面對的全球糧食安全議題。另一方面，因為加工方式或欠缺從營養或安全的角度來考慮，許多慢性疾病（例如糖尿病、癌症和心血管疾病）正在世界各國擴大發生，加上近年來氣候變遷所導致的穀物品質改變，我們應該從穀物的品種、種植條件、及加工方式整體進行考量，透過精確測量穀物中營養成分，期使供應鏈中的各個因素皆有明確量化數據，以便共同為消費者找到最具永續及最佳解決方案。例如以小麥中礦物質和丙烯醯胺的含量變化為例，探討小麥品種、農民栽培方法、碾磨過程和烘焙配方等處理，最終都會影響小麥產品中礦物質的含量、生物利用度或丙烯醯胺的含量。此外，供應鏈中的各個

角色必須深入了解在他們之前和之後發生了什麼，以及為什麼，以便共同找到可持續解決方案，滿足終端消費者的需求。

比爾蓋茲基金會負責全球營養的副執行長 Kevin Miller 亦透過專題演講報告該基金會近年來致力於推動協助開發中國家改善營養不良的問題，對於糧食安全的議題中，也希望減少已開發國家的食物浪費，從提高穀物利用、環境永續及營養強化的概念著手。由於穀物是低收入國家人民較能負擔得起的食物，故該基金會將致力於推動以全穀食品為載體，加上營養強化的概念，提高日常飲食中的營養密度，來改善這些地區人民的營養不足問題。

美國普渡大學的 Bruce Hamaker 教授的演講中解構了穀物所提供的健康效益與限制，特定的一些穀物具有緩慢的澱粉消化特性，使澱粉可到達小腸末端的迴腸活化腸腦軸線而分泌 GLP-1，可降低食慾幫助體重控制。透過穀物進行特定加工或配方調整例如強化蛋白質-澱粉結構、全穀、穀物纖維發酵或合併數種方式來產生健康效益，未來穀物及其纖維將在人體腸道中扮演重要的益生質角色，有益於腸道發酵產生丁酸的細菌生長進而降低大腸發炎作用，並透過荷爾蒙分泌改善腦部的健康，有機會成為治療巴金森症的解方。

墨西哥的學者 Sergio Saldivar 以濕磨的方式處理鷹嘴豆，探討鷹嘴豆的澱粉消化特性及彩色鷹嘴豆的抗氧化能力，他的研究結果顯示，無法消化的碳水化合物將有助於降低膽固醇、血糖調節、癌症預防、及腸道菌群調整等。

2. 氣候變遷與育種

在歐洲舉辦的研討會所討論的穀物育種範圍均以小麥為主，由於近年來受乾旱影響，故研討會中所發表的研究有很多透過育種或基因調控的方式來降低乾旱對穀物收成的災害，並希望同時提高營養成分如礦物質，幾乎是共同的研究目標。乾旱對穀物的影響包括：硫化物含量提高、礦物質含量改變、蛋白質成分改變、以及阿

拉伯聚糖含量亦受到影響。

因此，從育種的角度透過各種技術例如裸麥小麥染色體移位；利用簡化基因體定序技術對硬粒小麥進行全基因組變異篩選；用關聯遺傳學來識別與熱處理下穀粒重量相關的染色體區域、比較開花後對耐熱性對比較及品種差異下麵包製作穩定性及其穀物結構、成分和麵包製作品質的影響；透過古小麥品種的種植與比對來進行品種篩選；探索麵包和硬質小麥中的阿拉伯木聚糖在不同種植條件來進行篩選等。

3. 替代性穀物

在小麥之外，更多元的穀物運用是很重要的趨勢，包括植物蛋白、古小麥、燕麥蛋白、膳食纖維、印加古穀物、各種豆類等都是討論的重點。豆類所含的蛋白質和膳食纖維至少是穀物的兩倍，它們在必需氨基酸方面與穀物互補，例如離氨酸和半胱氨酸，由於穀物已經佔據了飲食中相當大的部分，開發富含蛋白質的豆類產品至關重要。

法國 Occitanie 生活實驗室專注於野生單粒小種子麥(Einkorn)的多樣性試驗，發現 6 個具潛力的品種不僅滿足農民的需求，還滿足加工商和消費者的需求。瑞典透過研究當地傳統小麥中種植地點、種植年份、施肥和基因型對膳食纖維和酚類化合物的影響。透過比較多年生和一年生穀物(高筋小麥以及古老的小麥-小種麥和黑麥)的成分、研究麵團和麵包特性如麵團質地、總非澱粉多醣含量、阿拉伯糖/木糖及蛋白質組成等特性。

藜麥 (Chenopodium quinoa)、卡尼瓦 (Chenopodium pallidicaule)、安第斯莧 (Amaranthus caudatus) 和烏豆 (Lupinus mutabilis) 是源自南美安第斯高原的本土作物，是有潛力的新型烘焙原料，可以部分或完全取代小麥粉，而安第斯烏豆則可用作天然乳化和穩定劑。

一項在英國進行的計畫”Raising the pulse”，旨在採用系統性方法為英國人民提供更健康、環保的豆類食物，以蠶豆粉替換部分小麥探討不同磨粉方法對蛋白質與鐵含量的差異、現有英國豆類飲品的纖維、維生素與微量元素含量等。

此外，全穀粉具有極高的營養價值，希望透過擠壓加工技術來提升全穀食品的功能性，因此利用擠壓來生產各種全穀食品(包括：燕麥、高粱、鷹嘴豆、扁豆、青豆和藜麥等)，並分析其物化性質，結果發現擠壓可以改善穀粉的水合性、水溶性、成膠性與黏度。穀物食品加入豆類已獲得莫大的關注，為了降低豆類對產品品質造成的負面影像，因此利用豆類空氣分類的技術(例如：利用低密度與高密度篩分，分離碳水化合物與蛋白質)來評估(1)經豆類空氣分類後得到的富含蛋白質與富含碳水化合物之產品的功能性與流變性質(2)在麵包、義大利麵與仿肉產品生產的潛在應用。

在地中海地區有許多傳統食品是來自於浸泡後的鷹嘴豆，其中一種稱為 Kaak，由鷹嘴豆(*Cicer arietinum* L.)浸泡水後發酵製成，為一種傳統的黎巴嫩烘焙產品，透過從 26 家不同麵包店收集 113 個樣本，包括鷹嘴豆發酵水、酵母菌種與麵團等，並分析其菌種的多樣性，最終鑑定了 22 種酵母菌種可作為後續運用。

另有研究以豆類麵粉(蠶豆、鷹嘴豆、扁豆等)，取代 40% 的小麥麵粉並製成磅蛋糕，通過電子鼻和消費者感官，來評估蛋糕的外觀、香氣與風味等。結果顯示，儀器與人體評估的結果顯示出顯著的相似性與兼容性。然而，有些豆類麵粉具有異味感而不受歡迎，但乾燥加熱被證實能改善含豆類麵粉蛋糕的香氣。

4. 傳統加工

「傳統加工」，共有 4 場次 29 個口頭報告，除了新興的燕麥或大麥地運用之外，由於麵包是歐洲的主食其中麵包相關的加工研究占大部分，雖然這類研究方向近乎尋常，卻非常深入，透過科學原理來解

析、建立預測模型，值得參考學習。此外，結合各類小麥以外的穀物製作麵包也是趨勢之一。

燕麥和大麥的乾式區分技術、磨粉方式、濕熱處理條件都會改變其顆粒大小、密度、孔隙等而影響溶解度、膨潤度、及保水率，並與其具生物活性的成分如 β 葡聚糖、阿拉伯木聚糖、生物酚及多酚類有關。透過控制磨粉的滾輪配置(dull-to-dull)、速度差及間隙，可提高 β 葡聚糖的溶解度，使得有助於後續麩皮製備的含水率與黏度系統。此外導入 110°C 的過熱蒸氣短時間熱處理製備大麥 Bulgur 還可提高 β 葡聚糖的溶解度及維他命 E 含量。此外，透過加熱來降低燕麥脂解酶活性以避免酸敗，然而會造成蛋白質變性而降低溶出率，隨著溫度提高、時間延長及水分含量增加可有效降低脂解酶活性，並發現熱處理導致糊粉層細胞的蛋白質相互聚集，而此現象在胚乳細胞中並未發生，因此控制加熱條件可以調控蛋白質的溶出速率進而提高營養價值。

穀物在烘焙的品質中扮演很重要的角色，尤其是麵團形成階段可視為多分散性的聚合物系統，在烘焙過程中麵團高分子介面屬於動態變化，複雜且與時間高度相關，這樣的變化過程雖然可以用高解析的檢測方法來瞭檢，但另一方面仍須建立快速簡單且有效的預測方法。

麵團附著力與其表面的自由水息息相關，會造成麵團生產中的品質與衛生物生長的相關問題，麵團接觸 60 分鐘後可測得 20 g/m² 的自由水量，其中含有單糖、雙糖與胺基酸因此若要降低麵團附著力，必須減少麵團表面的自由水量，研究發現其中水溶性蛋白質(白蛋白及球蛋白)可能是影響附著力的重要因素。

麵團的水合作用可透過共聚焦雷射掃描顯微(CSLM)分為 4 個區間，麵筋厚度約為 1.7-2.5 μm ，透過 bi-extensional 黏度測試顯示可用 consistency index (k)來預測麵團流變特性，隨著水合作用提高麵筋厚度會增加且粗糙，若水合作用降低，所有的麵粉樣品的流變特性都有相同的指數定律的變化，如此可訂出攪拌粒曲線且符合常態分布，

因此透過水合作用區間的適當化可以調控麵粉的水合作用。

以 Multiphysics model 來進行薄餅烘焙過程動態監測，不僅考慮發酵過程的二氧化碳生成、加熱時流動性降低、水分蒸發之外，還必須考慮到比重、氣孔形成及蒸發-凝結-擴散相關性；此外餅皮的可穿透性及溫度對餅皮的動態影響也很重要。

烘焙過程主宰了 1/3 麵包體積的增加，以歐姆加熱來測試烘焙溫度、風速、蒸氣導入來評估最好的烘焙條件以提高麵包體積，結果發現風速對麵包體積並無影響，烘焙溫度降低固然可延長發酵而增加體積但容易崩塌，因此必須導入蒸氣並調整烘焙溫度可獲得最好的效果。

烘焙過程中酵母仍在繼續發酵，若酵母菌具有較強耐熱性則可延長發酵及產氣過程而增加麵包體積，通常酵母在 35-55°C 可產生最多的氣體，研究發現某些酵母菌種可耐熱至 59°C，對麵包體積最大化很有幫助。

添加甜菜苷和麩胺酸會可增加以中筋麵粉製作麵包的體積，其中添加甜菜苷達 0.05-5%可增進麵團的安定性，而添加麩胺酸 0.025-2%則會降低麵團安定性；發酵過程中甜菜苷不會影響氣體產生，但添加麩胺酸則明顯增加產氣量。

添加無論是水溶性或非水溶性膳食纖維均會影響麵包的品質，透過流變特性、物化特性及營養分析，顯示添加水溶性玉米阿拉伯木聚糖至 5%可增加麵包體積，若添加抗性澱粉或纖維素的非水溶性膳食纖維則會使麵包體硬度增加 20-40%，這是因為增加了膳食纖維含量會導致麵筋強度降低了 12%，形成麵筋的時間則延長了 24%，但從體外試驗澱粉消化試驗來看，其還原糖的釋放明顯減緩了。

從減鹽的角度來看，麵包製作所需的食鹽可以用氯化膽鹼或維他命-B4 來取代，氯化膽鹼取代食鹽可達減少 25%的用量，且不會抑制酵母活性且促進麵包的澱粉的解聚合作用，避免回凝。

小麥麩皮含有阿魏酸及阿拉伯聚糖對麵包的品質有所影響，有研究發現阿魏酸及阿拉伯聚糖的添加量達最高 5%時可使麵包儲存過程中減少水分散失且避免麵包體變硬。

若在麵包中加入經熱處理的燕麥粉，其攪拌特性較未經熱處理燕麥粉的效果更好，可產生較高的黏度有助於改善烘焙品質，可能是因為熱處理改變了蛋白質和 β 葡聚糖分子的機能與結構特性，使形成較大分子的蛋白質及 β 葡聚糖。

燕麥粉和小麥麵粉經過透析水萃後去除小分子物質，再加入到麵團中可能會影響麵筋網狀結構，只添加這種燕麥粉會導致體積減少到 52%，可能是因為麵筋分子間的雙硫鍵被破壞導致麵筋強度降低。

隨著潔淨標示概念的興起，採用常見於小麥麵粉、麩皮或蕎麥中芽孢桿菌屬 *Bacillus velezensis* FUA2155 及 *Bacillus amyloliquefaciens* Fad WE 來進行酸麵團製作，如此可減少 10-20% 的麵包腐敗延長保存期限，其麵包體積也提高了 47-63%，這可能來自芽孢桿菌屬發酵時會促進水溶性阿拉伯木聚糖的溶解所致。此外，製作餅乾若在攪拌過程中透過加壓導入二氧化碳可減少烘焙發粉的使用，同時可使用微波加熱以降低能源使用，符合潔淨標示的概念。

將澱粉鹽化處理(溶解 70 克食鹽、30 克澱粉及 900 克水加熱至 80°C 維持 5 分鐘，再加以噴霧乾燥)得到鹽化澱粉，添加這樣的鹽化澱粉來製作擠壓點心，結果發現使用相同的鹽量的鹽化澱粉會導致更高的鹽份感受，因此以這樣的方式可以運用於使用較少量的鹽而得到與原來一樣的鹽份感受。

Ablo 是西非象牙海岸的傳統食品，通常添加熱處理後的米穀粉(蒸穀米)加入玉米粉經發酵蒸熟類似饅頭，西非貝南開始稻米種植並希望能以在地米原料製作 Ablo。米穀粉預糊化條件及添加量是主要影響產品品質的因素，透過預糊化米穀粉的添加使整體糊化度達 12.5%可呈現最佳品質。

5. 新興加工

根據 2020 年世界經濟論壇的說法，發酵技術從根本上改變全球飲食方式、改善全球人類和環境健康以及經濟提供了機會。根據 ISAPP 的定義，發酵食品是“透過所需的微生物生長和食品成分的酶轉換製成的食品”，數千年來這些食品已經成為人類飲食的一部分。具有一系列包含活性微生物或不含的發酵食品。特別是在過去的幾十年裡，發酵食品因其營養和健康效益而受到重視。然而，目前對發酵對人類健康的影響以及如何通過發酵來增強可持續植物基原料的使用仍知之甚少。仍然需要大量的研究來優化發酵過程的設計。然而目前發酵技術仍需持續精進，包括以植物基作為發酵食品的原料，特別是穀物在發酵食品的運用未來有機會可以發揚光大，穀物的選擇及處理和微生物共生的最適條件將是重要的研究課題。

攪拌階段，也被稱為揉捏，對於麵包的結構至關重要。在這個階段，空氣被嵌入麵團中，提供了困住溶氧的氣孔，有助於麵團的流變學和最終麵包組織。揉捏結束時反映出混合功率的最大值（即麵團發展時間“tpeak”），對應於最高的麵團黏彈性特性。此研究使用原型螺旋攪拌機（VMI-France），了解在 1（大氣壓力）和 1.5 巴的計量壓力以及工具攪拌速度（100-150-200rpm）下，空氣和二氧化碳對麵團和麵包特性的影響。這項研究顯示，改變攪拌條件可以影響麵團和麵包的特性。

在荷蘭，每年約有 15 萬噸麵包被零售店退回給麵包店，被用作動物飼料和/或生物堆肥。若能將這些退回的麵包用於食品鏈將對循環經濟做出重大貢獻，由於退回的麵包含有碳水化合物、纖維、礦物質及蛋白質，可加以利用先做成含糖麵包糊(sugar containing bread paste)，再加工為食品例如冰淇淋。然而那些種類麵包可以被運用、在利用的過程中的品質因素為何、需要那些酵素等。

麥芽粉（MF）是一種傳統的酶生物來源，特別是麥芽基 α -澱粉

酶 (MA)，以其抗麵團老化效果而聞名。有研究透過引入對未乾燥發芽穀物 (綠芽麥) 進行熱處理來改進傳統的麥芽製作過程 (浸泡、發芽和烘烤)，以促進目標酶麥芽基 α -澱粉酶的產生。研究結果顯示，水熱處理對 L、M 和 H 樣品的酶活性產生了顯著影響。三個樣品的 α -澱粉酶值分別為 21.3 ± 2.4 、 16.3 ± 2.7 和 10.4 ± 3.9 U/g 乾麵粉，具有顯著差異。處理後的樣品值低於 GMF 和 MA，其初始值分別為 82.2 ± 13 和 132.2 ± 1.2 U/g 乾麵粉。HPAEC 分析顯示，H 樣品和外源麥芽酶來源 (商業細菌 MA) 之間的峰值定量相似，表明兩者具有相似的澱粉降解機制。因此，H 樣品被證明比 M 和 L 樣品更具有主導性的麥芽基耐熱酶作用選擇性。

為了進行蛋糕添加泡打粉和攪拌過程中產生氣泡的動態研究，研究者設計了一個實驗在攪拌和烘焙過程中收集釋放的 CO_2 ，以獲得在攪拌和烘焙期間 CO_2 產生的時間軸，並發現在攪拌和烘焙之間的等待階段有助於氣體產生。此設置允許非常精確地調整酸性成分的混合物和烘焙粉的用量。在酸性蛋糕 (例如檸檬蛋糕) 的情況下，碳酸氫鈉在攪拌階段產生了過量的 CO_2 ，導致蛋糕產氣不良。為了解決這個問題，改以在 CO_2 (+0.3 和 +0.5 巴) 加壓進行攪拌取代泡打粉的使用，可得到體積接近的蛋糕。然而攪拌階段需稍延長讓 CO_2 在麵糊中溶解。從感官測試顯示，無烘焙粉的蛋糕仍受到消費者的喜好。

脂肪酶通常被認為是具潔淨標示麵包產品的改良劑，但不常用於蛋糕製作。由於磅蛋糕若釋出短鏈脂肪酸容易產生異味，故有研究針對 17 種脂肪酶進行了脂肪酸基質特異性的篩選，使用對硝基苯基試驗以及感官品評測試。根據結果，選擇了七種脂肪酶進行進一步的實驗，並應用於烘焙試驗中。為了評估這些脂肪酶對磅蛋糕麵糊質量和產品質量的影響，採用流變學技術和不同儲存時間的質地剖面分析，發現其中三種脂肪酶導致蛋糕麵糊的機械性輕鬆化，並對產品軟化作用。基於新開發的液相色譜串聯質譜脂質組學方法，進一步分析了其潛在機制和關鍵反應，發現溶解的溶酶甘油磷脂是脂肪酶對磅蛋糕烘

焙品質影響的關鍵。

6. 健康發酵

歐盟/瑞士研究計畫-HealthFerm 是歐洲 23 個合作夥伴的大型計畫，旨在探討食物發酵對人類健康的影響，或者如何利用發酵來增強可持續植物基原材料的使用。HealthFerm 的目標是透過設計以促進健康的日常飲食，分析食品發酵微生物群、穀物基食品和人體腸道微生物群之間的相互作用，從傳統邁向可永續發展的植物基發酵食品。該計畫以發酵技術來開發豆類（豌豆和蠶豆）和穀物（小麥和燕麥）的新型、健康和營養豐富的液體和（半）固體食品並探討其營養和健康效應的微生物與代謝途徑，再進行五項營養干預的人體臨床試驗，及了解不同社會背景的消費者對發酵食品的接受程度。

市場上對植物基乳製品替代品的需求日益增加。研究顯示，消費者對植物基飲食的增加依循通常基於健康益處、道德考量以及諸如乳糖不耐症等藥用原因。利用植物蛋白質替代動物源性食品成分可能是確保食品安全、可持續生產和健康益處的途徑。豆類通常被用作乳製品替代品中的植物蛋白質，因其蛋白質含量高，約為 20-25%。然而，它們含有限量的含硫氨基酸（甲硫氨酸、胱氨酸和色氨酸），並且通常與穀物一起食用，穀物富含含硫氨基酸但缺乏離氨酸。但植物基乳製品替代品的消費仍然有限，因為在設計具有可接受的口感和風味的產品方面仍存在挑戰。乳酸菌（LAB）發酵以生產理想產品在乳製品中已有很好的文獻記錄。然而，涉及植物基發酵中 LAB 的微生物學過程仍不是很清楚，了解 LAB 種菌培養的實施和應用，以及在各種植物基資料中的發酵過程，對於開發具有理想口感、風味和營養特性的產品至關重要。

為了研究以莢豆為基質製作酸老麵，研究選擇了三種 LAB(乳酸菌)和三種酵母菌菌株製作新型基於莢果基的酸麵團，採用小麥和黃

豌豆粉、蠶豆粉和濃縮物配製八種麵團組合，利用 LAB 和酵母菌菌株的配對，從這些組合中製備了總共 72 個酸麵團。初步追蹤了在發酵過程中 24 小時內微生物生長和酸化動力學，突顯了豌豆作為基質的強大潛力，在酸化 ($\text{pH} \leq 4.5$)、膨脹 (≥ 1.5 倍) 能力和初步感官評估 (≥ 3.0 分之 5.0) 方面的特性是與組合條件相關的。隨後，以表現最佳的基於脈衝的酸麵團進行了進一步的研究，以製備第四型酸麵團，並進行麵包製作。運用這個生物技術顯著強化了產品麵包的營養、功能和感官特性。

全麥麵包可能成為西方飲食的健康和永續發展的基石，因為它具有營養豐富的成分。然而，消費者更喜歡使用精製麵粉製成的麵包鬆軟和柔軟的麵包組織口感，所以必須透過酸麵團發酵來改善全麥麵包的體積和質地不佳等問題，研究結果顯示酸麵團的添加所產生的各種有機酸將影響麵包製程的參數，這樣提供了以設計酸麵團麵體來改善全麥麵包整體品質的重要資訊。

蛋白質營養強化的議題日益受到重視，傳統上，烘焙產品的蛋白質富化是以添加乳清萃取物來進行。鑑於氣候緊急情況和飲食轉變的需求，採用植物蛋白質強化烘焙產品變得更加重要。因此，針對 9 個歐盟國家進行調查了解這樣的替代品是否能夠受到消費者支持。調查結果顯示：消費者對植物蛋白質強化的烘焙產品持開放態度，市場對於與不斷演變的飲食偏好相一致的創新和營養增強的烘焙產品持開放態度並建立在對發酵技術的信任和對熟悉的發酵產品上。

6. 穀物營養與永續

近來很多的謠言提到小麥相關產品特別是麵包對人類健康有不良的影響，因此歐盟的 Well on Wheat 計畫針對這樣的傳說進行科學實驗，以全穀麵包為基礎，分析膳食纖維、小分子代謝產物及蛋白質體並進行人體實驗，結果顯示，麵包是否含有麵筋對非乳糜瀉

消費者的健康並無影響，而一般消費者吃了一般小麥、splet 小麥或 emmer 小麥做的麵包，無論是加了酵母或酸老麵，雖然在感官上有不同認知，但在健康上並無差異。

為了使小麥相關的產品更具營養健康的價值，瑞典從育種進行研究，結合綜合代謝分析及基因組學從各種穀物品種選拔透，希望目標的小麥品種可以具有降低 Amylase trypsin inhibitors、FODMAP 之特性，同時進行發酵及小麥發芽的測試，及消費者感官品評。

目前的研究廣泛認可纖維攝入與降低多種慢性疾病風險有關，包括心血管疾病、2 型糖尿病和多種癌症，增加全穀物產品的食用的飲食建議在很大程度上未能影響大多數人口的纖維攝入，消費者還是喜歡白麵粉產品，如白麵包和意大利麵，因此很難達到建議的纖維攝入目標很少達到。英國的研究希望選擇具有較高纖維的小麥品種來製作白麵包以提高總纖維攝取量。因此，他們專注於提高白麵粉（和白麵包）的纖維含量，以增加纖維攝入量，而無需改變飲食習慣，透過確定了白麵粉中高纖維的基因來源，並分析了雙親群體和聯合團隊，以確定基因座並開發用於常規小麥育種計劃的分子標記。未來將與磨粉廠和烘焙業者合作，建立高纖維白麵粉對英國總纖維攝入量的影響模型，並確定其對加工品質的影響。

在由 PRIMA 基金會資助的 MEDWHEALTH 計畫，開發以自杜蘭小麥製作典型地中海飲食的傳統意大利產品，並改善了其營養和技術特性。以育種方式開發了 Svevo HA 和 Svevo Soft 杜蘭小麥麵粉，製作了麵食、麵包、餅乾和傳統小吃（塔拉利和麵條）。Svevo HA1 是透過調控參與澱粉顆粒合成的 SBEIIa 酶來改善種子中澱粉含量百分比與抗性澱粉（RS）含量呈正相關，類似膳食纖維的功能對人體健康有益。Svevo Soft 是一種軟質杜蘭小麥，將 D 基因組的 Ha 座位轉移到染色體 5BS2 的相同區域，具有典型的杜蘭小麥風味、黃色色素

和抗氧化活性。就營養特性而言，提高地中海飲食典型產品的選擇中的纖維（阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖和 RS）含量來降低體外和體內的血糖指數。

以上述的高澱粉杜蘭小麥品種（Svevo HA）、軟質杜蘭小麥（Faridur）、高 β -葡聚糖大麥（Chifaa）和高蛋白精英扁豆系列。通過 HPLC-DAD 分析，來評估多酚和異戊二烯類（即生育酚和類胡蘿蔔素）的植物化學特性和其抗氧化能力。此外，更研究了 Svevo HA 酚類提取物的腸道代謝物對血管炎症（即內皮功能障礙）的影響，評估了內皮細胞與白細胞的黏附和發炎介質的表達。原材料的酚酸組成主要包括小麥和大麥中的兩種主要化合物，即阿魯酸和芥酸。而扁豆則富含類黃酮（即離激素苷的茶黃素、山奈酚-7-O-新橙皮糖苷）。Svevo HA 中澱粉含量的升高使得粗麵粉和麵包中的多酚含量比傳統杜蘭小麥 Svevo 產品高。Svevo HA 酚類提取物的腸道代謝物能夠劑量依賴性地抑制白細胞與內皮細胞的黏附，顯示它們能夠預防或減少血管炎症和慢性炎症性疾病的發生。

穀物是重要的主食，並在全球提供能量和營養方面扮演著關鍵角色，主要是澱粉和纖維，對於越來越多的人轉向植物性飲食而言，穀物也是蛋白質來源之一。為了開發優化營養品質的穀物食品，除了從不同穀物提供的營養素量之外，還可以特定比例組合不同成分搭配加工技術來進行，因為穀物通常含有一些必需氨基酸的量較低，因此，不同成分的組合可能有助於提高蛋白質質量，以提供足夠的營養和飲食多樣性，還有保留纖維完整性的技術，同時保持口味和質地。

社會發展和環境保護目標，根據來源/品種不同，它們的氨基酸組合可能缺乏一些必需氨基酸。混合具有互補氨基酸組合的不同蛋白質來源可以有效增強蛋白質品質和營養價值。研究者以新興的植物（豆類、穀物和油籽）和微藻來源進行了蛋白質品質評估。使用兩種方法分析蛋白質消化性並以三種方式表達結果顯示出顯著的差異。氨基酸

組成和消化性評分顯示所有來源都含有限制性氨基酸，凸顯了僅使用單一蛋白質來滿足飲食需求的挑戰。根據理論氨基酸得分計算，最佳混合物不含限制性氨基酸，主要由豌豆蛋白分離物和玉米蛋白濃縮物組成，輔以大麥蛋白濃縮物、螺旋藻或海洋納米藻。這些發現強調了蛋白質的多功能性的重要性，並強調了在飲食中策略性地混合穀物、豆類和微藻可能提高營養品質。這種方法為開發各種食品產品，包括高蛋白麵包，開闢了新途徑。

在大麥粉的研磨過程中進行氣流循環分級以了解對蛋白質及其他成分（包括澱粉、 β -葡聚糖、纖維和灰分）的轉移的影響。該研究使用了兩種大麥品種，一種有殼的，一種無殼的，共進行了 5 個循環的重複研磨和氣流分級。可發現蛋白質向精細氣流分級部分轉移，僅在第一次分級循環中，有殼和無殼大麥品種的蛋白質富集倍增分別約為 2.1 倍和 1.8 倍。在第一次研磨和氣流分級循環之後，利用回收的粗氣流分級部分進行重複循環，導致進一步的蛋白質分離，使蛋白質分離效率達到 47-52% w/w 朝向精細部分。精細部分也富含脂肪成分。相反，粗部分富含總膳食纖維、可溶性和不溶性纖維以及 β -葡聚糖。由於其高蛋白質含量，精細部分在植物肉應用開發具有很大的潛力，可以與豌豆蛋白分離物以三種比例混合（0-30%大麥），並以三種含水量（47.5-57.5%）進行擠壓，以補充最終產品中穀物和豆類的氨基酸組合，用大麥替代豌豆蛋白使硬度和咀嚼性增加。富含纖維的澱粉粗部分具有生產富含 β -葡聚糖的早餐穀物和膨化食品的潛力。

從芬蘭進行的人類干預試驗中燕麥纖維攝入後的餐後效應的結果顯示，酶處理改變了燕麥 β -葡聚糖的分子量，影響了燕麥纖維的營養特性和 β -葡聚糖在人類消化道中的功能特性。分子量的降低會降低膽鹽結合能力，但會增加酚類化合物的生物利用度。當比較燕麥和米穀粉餐時，在兩組中，含有燕麥的餐後產生了更多的呼吸氫氣，這表明燕麥纖維的主動發酵，與米穀粉相比，與豆類一起攝入燕麥粉會增加呼吸氫氣量。

歐洲食品安全局（EFSA）的評估結論是，允許每天攝入至少 3 克燕麥或大麥中的 β -葡聚糖的食品有助於降低血液膽固醇水平，但來自穀物的 β -葡聚糖之結構特性如分子量對健康促進作用的相關性仍存在爭議，為填補這一知識空白，研究者使用了兩種分子量不同的大麥 β -葡聚糖（170 kDa 和 960 kDa）添加到小麥麵包。在麵包生產過程中，添加的 β -葡聚糖的 30-40% 被酶水解降解。原始 170 kDa β -葡聚糖的分子量降低了超過 50%，降至 80 kDa（重量平均值）。相比之下，960 kDa β -葡聚糖的分子量僅降低了 7.3%。隨後，對小麥麵包進行體外消化模型實驗。消化後，原始 170 kDa β -葡聚糖僅恢復了不到 10%，分子量降至約 10 kDa。胃糜和膽酸結合的粘度與未添加 β -葡聚糖的標準小麥麵包相比相當。相反，使用的分子量較高的 β -葡聚糖中約 40% 在消化後以 680 kDa 的分子量恢復。這種胃糜與未添加 β -葡聚糖的小麥麵包相比，顯示出增加的粘度和改善的游離膽酸結合能力，可以說 β -葡聚糖的分子結構特性在健康效益中扮演很重要角色。

大麥的 β -葡聚糖添加到麵包、Bulgar、或扁餅中，可以有效的將原來屬高 GI 的食品調整為中 GI 食品，此外，添加更多大麥粉的大麥 Bulgar、麵包和巴茲拉瑪樣品可能被認為是天然抗氧化劑的潛在來源。大麥胚芽、麵包和巴茲拉瑪的較低 GI 值可能歸因於其較高的 β -葡聚糖含量。

過去三十年來，生活方式的改變導致糖尿病不斷增加，成為全球主要的健康威脅。穀物和烘焙食品是主要的血糖負荷貢獻者，因為澱粉消化直接關係到血糖餐後反應，除了澱粉本身的特性、澱粉消化酶（ α -澱粉酶和 α -葡萄糖苷酶）的調控級其對澱粉分子的可及性都是重要因素。有研究透過改變黏度和澱粉凝膠來源來調整 α -澱粉酶對澱粉的可及性，較薄壁的凝膠如穀物凝膠，提高了酶的可及性，而來自塊莖和豆類的較厚壁凝膠則阻礙了澱粉水解。研究強調，相較於澱粉來源，黏度對酶的可及性具有更大的控制作用。在涉及各種膠體的更

複雜系統中，只觀察到對馬鈴薯凝膠具減緩水解的效果。而另一個研究涵蓋不同澱粉（玉米、小麥、大米、馬鈴薯、木薯、豌豆）和膠體（羊角豆膠、瓜爾豆膠、黃原膠、羥丙基甲基纖維素、洋車前子）濃度的異質系統中，在 37°C 澱粉水解動力學常數與黏度呈負相關。此外酚類化合物對 α -澱粉酶的抑制作用值得重視，然而，酚類化合物的功能性質取決於加工條件、pH 值和溫度，以及與澱粉等其他分子的相互作用。事實上，使用幾種酚酸和澱粉的不同模型系統顯示，在凝膠化過程中酚酸被吸附在澱粉結構上至少減少了 5% 的澱粉水解速率和程度。因此，設計澱粉水解較少的烘焙食品應考慮誘導的生理黏度和酶抑制劑的存在。

透過對澱粉進行了雙重修飾，使用 2,2,6,6-四甲基-1-哌啶氧（TEMPO）進行氧化，在進行三聚磷酸鈉（STMP）交聯，選擇了兩種不同反應時間（20 分鐘和 45 分鐘）的氧化澱粉（OS20 和 OS45），以及相應的 OC-DM 澱粉（OCS20 和 OCS45）作為封裝材料。這兩種氧化澱粉在 pH 7 下表現出良好的膨脹性，與後續的交聯修飾結合，提供了良好的緩慢釋放性能，結果發現，在 pH 4 下製備的 OC-DM 微凝膠中，可以獲得最高的鞣花酸封裝效率（EE）和內部含量（IC）。這種 pH 控制釋放的機制是由於澱粉-鞣花酸複合物的形成，透過傅立葉紅外光譜（FTIR）和 X 射線繞射（XRD）證實，在 OCS20 微凝膠中封裝的鞣花酸具有最高的封裝效率（59%）和內部含量（59.7 毫克）。通過體外消化釋放試驗發現，無論是單一修飾還是雙修飾澱粉微凝膠封裝的鞣花酸都表現出良好的 pH 控制釋放能力，可以防止在腸道環境中暴露過量的鞣花酸。在 OCS20 微凝膠封裝的鞣花酸中，觀察到了兩個慢釋放階段，分別為 120-180 分鐘和 240-360 分鐘，說明鞣花酸可以逐漸釋放以進行腸道吸收，而且晚期釋放的鞣花酸可能被用作益生元。所製備的所有鞣花酸封裝微凝膠都表現出優異的抗氧化活性，這種以 pH 控制釋放 OC-DM 澱粉微凝膠封裝鞣花酸的技術，可以廣泛應用於食品和化妝品領域，為封裝生物活性化合物提供

了新的方法。

薏仁籽具有保護胃黏膜的活性。酚類化合物、膳食纖維、植物固醇和薏仁內酯已被證實是抑制消化性潰瘍的有效成分。以擠壓製備了去殼薏仁產品 (DAE) 及定量分析總多酚含量 (TPC)、總膳食纖維 (DF)、主要植物固醇與薏仁內酯並進行。儲存和加速安定性研究以了解上述成分在儲存過程中的變化。此外，進行體內研究以了解 DAE 對水浸泡制動壓力 (WIRS) 誘導和酒精刺激的胃潰瘍的影響。結果顯示，對於攝取了 20% 的 DAE 替代 AIN-93 飲食的雄性 Wistar 大鼠，在進行 WIRS 或給予 95% 乙醇管餵的情況下，胃潰瘍指數 (UI) 明顯下降。根據驗證分析，DAE 含有 $942 \pm 65 \mu\text{g}$ 以沒食子酸當量 (GAE) /g 的 TPC、 $14.0 \pm 0.6\%$ 的 DF、 $409 \pm 94 \mu\text{g/g}$ 的 β -谷甾醇和 $136 \pm 35 \mu\text{g/g}$ 的總薏仁內酯；其中，在儲存期間，除了 DF 外，其他成分的含量均顯著下降。結果表明，DAE 中的膳食纖維可能是抑制胃潰瘍的主要活性成分，並且可以作為品質控制指標。

萃取自啤酒麥芽廢渣的膳食纖維 EverVita FIBRA (EVF) 和 EverVita PRIMA (EVP)，以兩種添加量製作麵包，以符合可宣稱「纖維來源」(每 100 克 3 克) 和「高纖維」(每 100 克 6 克)，並與一般麵粉 (C1) 和全麥麵粉 (C2) 的麵包進行比較。與 C1 相比，EVF 的添加導致高比容積 ($3.72\text{--}4.66 \text{ mL/g}$)、柔軟的麵包組織 ($4.77\text{--}9.03 \text{ N}$)，EVF 幾乎不影響麵筋網絡的發展。EVP 增加了麵團的抵抗力 (+150%)，導致比 C1 更低的比容積 ($2.17\text{--}4.38 \text{ mL/g}$) 和更硬的組織 ($6.25\text{--}36.36 \text{ N}$)。然而，EVP 通過增加蛋白質含量 (+36%) 和提高必需氨基酸的含量，增加了麵包的營養價值。預測的升糖指數下降了 26%，微生物的保質期延長了 3 天。儘管這兩種成分都源於相同的 BSG，但它們對麵包特性和營養價值的影響仍有所不同。

研究者發現兩種傳統的墨西哥植物(*Cnidioscolus aconitifolius* 和 *Crotalaria longirostrata*)具有對 α -澱粉酶和 α -葡萄糖苷酶的抑制作用，

而可調控血糖。以 5% W/W 的比例添加到麵包配方中，並進行麵團麵筋強度(Pelshenke 分析)、沉澱、麵團特性和澱粉特性分析。經過烘焙後，在 0、3 和 5 天時對麵包的體外澱粉消化（Englyst 測試和預測血糖指數）和質地特性進行評估。Pelshenke 分析顯示，*C. aconitifolius* 增加了 27.66%的麵團強度，而 *C. longirostrata* 使其減弱了 17.79%。質地計量儀分析證實了與 *C. longirostrata* 相關的顯著減弱效應。烘焙後，*C. longirostrata* 使麵包在第 0 天變硬，而 *C. aconitifolius* 則讓麵包變軟。24 小時後，*C. aconitifolius* 的硬度比 *C. longirostrata* 更大。體外澱粉消化表明，在使用植物來源時，緩慢消化澱粉（SDS）和抗性澱粉（RS）的水平增加，從製備當天的 92% 降低到 86%和 87%，到第 5 天分別降至 81%和 74%。需要進一步的研究來了解對澱粉結構的抑制影響。

緯度高的國家普遍缺乏維生素 D，同時膳食纖維也不足，這項研究探討維生素 D 和纖維強化對小麥麵包的技術功能性能的影響。透過分析麵團和麵包特性來評估維生素 D 和膳食纖維成分（燕麥纖維、果膠、纖維素和 β -葡聚糖）對麵包品質的影響，並以反應曲面法來建立優化麵包配方的實驗模型。結果顯示，添加膳食纖維干擾麵筋網絡，弱化麵筋強度且麵筋網絡發展時間更長。澱粉糊化特性也受到影響，導致較低的糊化程度和較低的再結晶程度與對照組相比。添加膳食纖維使麵包體積較低，麵包組織硬度和彈性增加。將維生素 D 添加到小麥麵包配方中與在小麥麵包控制組中觀察到的結果相似。相反，添加維生素 D 和膳食纖維則導致與膳食纖維強化小麥麵包中觀察到的結果相等，膳食纖維是麵團結構的主要影響因子，而可溶性和不溶性纖維成分與維生素 D 的最佳混合物具有與標準小麥麵包相當的性質。

在歐洲，一種被品牌為 LifyWheat 的麵粉含有很高的直鏈澱粉（HAW），在人類臨床介入研究結果顯示，由精製 HAW 小麥粉製成的產品對健康有積極效益。將 HAW 精製麵粉用於麵包制作可以降低血糖反應，從而有效參與控制血糖，對抗 2 型糖尿病。從腸道健康的

角度的體內實驗結果來看，食用 HAW 麵包其抗性澱粉可到達腸道具生理效果的位置，其發酵對腸道微生物群有影響，其中丁酸的增加是一個正向的腸道健康標誌，並且顯示出丁酸產生菌的增加。與此同時，還觀察到了可降低發炎反應的指標及其相關菌群的減少。

以 α -澱粉酶和乳酸鈣修飾木薯澱粉，使其具有低血糖指數(GI)。研究者使用 INIAP 651 品種的木薯來獲得澱粉，再以 α -澱粉酶 (0-9 U/g) 和/或乳酸鈣 (0-12 mg/g) 進行修飾後製備無麵筋麵包且未使用膨脹劑，以 Mixolab 分析麵團特性並對麵包的體積和 GI 進行評估。麵包配方使用改性澱粉和水製成，未使用發酵劑。所有配方的產品其 GI 均達到 40，屬低 GI 產品。最佳的澱粉修飾是 α -澱粉酶 6 U/g 和乳酸鈣 6 mg/g。

用獨角蘭、玉竹和普通燕麥的植物蛋白可能有取代小麥粉中容易消化的碳水化合物的機會。對這三種成分進行了化學組成、物理品質、抗氧化性能、澱粉體外消化和披薩餅皮感官特性的評估。這三種成分增強了披薩餅皮的營養價值，特別是膳食纖維和蛋白質，還提高了披薩餅皮的總酚含量 (214%) 和抗氧化活性 (ABTS+185%，DPPH30.5%)，並改善了比薩餅皮的貯存時間。此外，這三種粉末與對照組相比，增加了慢性消化澱粉 (25.9%)，降低了還原糖水平和氫化指數，預期的披薩餅皮的血糖指數。研究結果顯示，這三種粉末可作為功能性成分，提高披薩餅皮的營養價值並降低其血糖指數。

在撒哈拉以南非洲 (SSA)，農村傳統上使用各種當地種植的作物 (如木薯、高粱和豆類) 準備膳食，這些作物可被視為氣候適應作物 (Climate Resilient Crops ;CRC)。然而，大規模城市化造成飲食和生活方式的快速轉變，非洲越來越依賴進口小麥，而氣候適應作物的價值被低估並且正在下降，這使得非洲人口越來越容易受到 (全球) 糧食供應鏈中斷的影響。該研究以食品系統分析，將進口小麥粉與當地用於製作麵包類主食產品的 CRC 進行比較，發現

結合各種 CRC 可以積極解決糧食系統的大多數問題，若將高粱、豇豆和木薯的 CRC 與麵粉組合，可以配製具有吸引力的麵包類產品。

韌性農業的關鍵挑戰是提高農業生產系統對氣候變遷的抵抗力。水稻是臺灣的主糧，稻米產量的微小波動都會嚴重影響臺灣的糧食安全，因此，必須建立一個有彈性、永續的水稻種植制度，能夠適應短期的災害事件和長期的氣候變遷。根據不同氣候情境下水稻產量的危害-脆弱性圖，在第六次評估報告（IPCC AR6）的 SSP5-8.5 和 2°C 情境下，水稻總產量可能下降約 5%–15%。這一趨勢與其他亞洲國家相似，顯示必須重新規劃目前的種植面積，以應對未來氣候變遷和極端天氣事件的威脅，尤其水稻種植使用 50% 的水資源，在預估未來乾旱發生頻率更為頻繁下，本研究提出的適應性強、可持續的水稻栽培制度，較傳統種植方式可節省三分之二的水資源。

9. 全穀

全穀食品具有降低罹患心血管疾病、二型糖尿病、肥胖及癌症的風險，由於燕麥和大麥做為全穀食品原料非常受到歡迎，再加上精準健康的概念開始被提出，發現攝取全穀或高纖食品時對消費者健康效益存在著個別差異，故透過 12-16 週營養干預的臨床研究探討燕麥 β -葡聚糖、高纖裸麥和精製小麥產品的對腸道菌相及發酵產物的影響，並了解其調控機制。

為了促進各國對全穀食品的消費，但必須先有一致且明確的定義，ICC 轄下的 Whole Grain Initiative 已向 ISO 國際標準組織提出全穀食品定義標準的申請，並成立了工作小組持續推動，目前由 ISO 的穀物及豆類委員會進行討論，其定義的重點是「全穀食品」必須含有乾重 50% 以上「全穀原料(Whole grain as food ingredient)」，始能標示為「全穀食品」，若「全穀原料」高於 25%

但不足 50%(以乾重計)則僅能標示「含有全穀」，主要是因為全穀的含量必須足夠才具有營養與健康的相關效益。目前該工作小組仍持續運作與推動中。

為了推動提高全穀的攝取，近來有很多研究探討全穀攝取量與健康的關係，然而必須在明確的定義及量化的情形下才有討論的價值，因此在 Whole Grain Initiative (WGI)組織中設置一個工作小組探討這樣的議題，透過文獻及整合分析研究，了解全穀攝取量對健康的影響並期待推廣到各國飲食指南中。此外，WGI 設置了另一個工作小組專門探討如何促進各國政府在政策或法規制定的過程中納入全穀食品，使消費者可以提高全穀的攝取量，例如在學校營養午餐中加入全穀、鼓勵全穀食品的標示始消費這更認識全穀，故發布了"Whole Grain Factsheet"讓各界更了解全穀的健康效益，並推動在產品健康評分系統(front-of-pack labelling scheme)中加入全穀的指標。

若要在蛋糕中運用全穀原料，必須先了解蛋糕麵糊組織與配方的相關機制，研究團隊提出了一種針對烘焙產品的以纖維替代糖的策略，且致力於了解糖在相變化、麵團流變性質與水分分佈的影響。在此策略中，模擬三個物理特性來獲得相似的質地(1)控制生物高分子熔化的氫鍵體積密度(2)控制澱粉糊化的糖分子中有效羥基的莫耳體積密度(3)糖混合物的吸濕性之 Flory-Huggins 水相互作用參數。通過研究以上物理特性，可以找到數種替代糖策略來改善烘焙產品的質地，同時也能不影響營養價值或提升營養價值。

麵粉磨粉過程中想要收集的蛋白質往往隨著糊粉層進入麩皮中，使得每批麵粉的蛋白質含量不太一樣。有研究採用了施以不同氮肥量的 3 個品種，故研究透過了解(1)次糊粉層的蛋白質含量與組成(2)品種和氮肥對次糊粉層蛋白質的影響(3)次糊粉層蛋白質對全麥

麵包品質的影響。結果發現在以蛋白質含量為基準的麩皮選擇很重要將會影響麵包的品質。

小麥穀粒由胚乳、糊粉層到外皮等多層結構所組成。外層部分則稱為麩皮，具有豐富的膳食纖維，而穀物也是人類飲食中重要的纖維攝取來源。它們具有促進排便、發酵、調節膽固醇和血糖的生理活性。然而，由於加工技術困難與消費者接受度低，小麥麩皮在麵包工業的利用價值不高。為了評估臭氧是否能改善小麥麩皮的功能，改善膳食纖維的加工和功能性，發現經過臭氧處理後，其水溶性膳食纖維的含量上升、 β -葡聚糖的分子量減少。臭氧處理也能顯著降低白麵包的血糖指數，並改善部分流變性質，為一種具潛力的加工方式。

酸麵團技術用來改善以小麥或黑麥麵包的質地、口味與品質。然而，它在全穀燕麥麵包中的應用較少，研究探討了不同乳酸菌和酵母元(starter)聯合發酵的酸麵團對全穀燕麥麵包之質地與口味的影響。通過測量酸麵團的酸度、相對黏度、 β -葡聚糖含量和氨基酸組成等，選出了四種聯合發酵組別，並以酸麵團取代 30% 的全穀燕麥麵團。研究發現，酸麵團的添加使體積上升 11.3%，並使麵包組織更柔軟。口味評估上，則發現具有較高的酸度與豐富的揮發性氣味。

10. 分析方法

1979 年，在比利時的 Walloon Agricultural Research Centre，最早由 Dr. Ir Robert BISTON 引進近紅外光譜(NIR, near-infrared)分析技術，並用於分析穀物與種子的異質性。到了 2000 年早期，由於二極管陣列(diode array)技術的發展，可以建立線上(at-line, on-line, in-line)分析，並結合中紅外光(MIR, mid-infrared)，拉曼(Raman)，顯微鏡等技術。關於化學分析方法，早期仰賴主成分分析(PCA, principal component analysis)或多變項線性回歸(MLR,

Multiple Linear Regression)。而後，有許多模擬方法的建立，包括：人工神經網絡(ANN, artificial neural networks)和機器學習演算法(Machine learning algorithms)等等，可以突破許多限制。未來，隨著人工智慧的發展，希望可以獲得更大的突破。

由於全球氣候劇烈變化下，小麥品質也會跟著變化，為了解決這個問題，需要建立一套穩健、有效的方法來評估麵粉、麵團和烘焙品的穩定性與品質。此研究主要在建立方法，來評估不同年份下，瑞典的小麥麵粉與麵團品質。其中使用了沉降法、高效液相層析法(Size exclusion-HPLC)、近紅外線光譜(NIR)和其他物化方法來評估瑞典濕季與乾季的冬小麥。結果顯示，用 SE-HPLC 方法評估小麥品質與工業方法間具有高度的相關性。最後總結，液相層析-質譜-質譜法(LC-MS/MS)，也具有評估小麥品質的潛力。

在法國，小麥加工因為全球暖化導致產品具有更多的多樣性與異質性。目前用於評估小麥品質的方法，如標準烘焙測試(NF V03-716)，較仰賴專家的感官評估，難以保證一致性。這項研究旨在開發對感官數據進行智能分析，以建立一套通用的方法來評估小麥品質。研究中使用了 Arvalis 研究機構中，在 20 年內進行的一萬多個，來自烘焙產品測驗的感官數據。首先，依據數據一起出現的機率來進行分類，並由專家評估出相關性最高的性質，來定義小麥的品質依據。

傳統的品質分析方法或流變性質分析具有樣品破壞性、高花費和費時費力等缺點，因此現今常用近紅外光譜(NIR)來分析穀物中的有機化合物，不具有樣品破壞性。然而，NIR 光譜中常有重疊的訊號峰或背景值，較難以去分析數據，因此可以利用變異數分析(ANOVA)與同時段成分分析(SPA)或兩個方法結合的 ASCA 方法來進行數據分析。通過 ASCA 方法，可以有效評估對流連續翻攪烘烤對全麥 NIR 光譜的影響。另外也針對兩種小麥、三種烘烤溫度與三

種烘烤時間，皆可以有效的評估顯著差異性。

傳統上，利用 Farinograph 方法來測試烘焙性質，此方法利用低能量攪拌使生麵團達到一致性。一般來說，此方法至少需進行兩次測試，總共約一小時才能確定各樣品的性質，而 doughLAB 方法 (AACCI 54-70.01) 則是以更高能量 (120 rpm) 攪拌並減少測量時間 (10 分鐘)。本研究即是利用 38 種不同的小麥麵粉，來比較傳統方法與 doughLAB 法間的差異。結果發現，兩方法的相關性 (R^2) 大於 0.77，因此用 doughLAB 法可以將測量效率提升兩到三倍，卻不影響檢測的準確性。

利用 X 射線顯微 CT 了解小麥穀粒生長的相關機制，以 SOLEIL 同步輻射光源的 Psiché 光線對比顯微 CT，觀察小麥穀粒在發育過程中的解剖結構變化。結果顯示，在觀察不同發育階段的 3D 圖像中，與一般 CT 影像相比，其解析度與對比度有很大的提升。特別在密集組織中，仍能清楚觀察穀粒包覆的管狀與橫向細胞的 3D 結構。

小麥是全球重要的糧食作物，因此全球對小麥穀粒的精確分離技術漸趨重視。研究探討 X 射線微計算機斷層掃描 (X-ray micro CT)，結合影像分割技術來分析小麥穀粒內部組成。小麥穀粒內部包括胚乳、胚芽與外種皮，雖然傳統解剖方法已能辨識，但具較低的精確性與破壞性，因此利用 X-ray micro CT 作為新型的非侵入性成像方法，為一種快速、高效且能可視化的分析工具。

準確預測不同小麥麵粉的烘焙特性相當重要，而小麥蛋白質對麵團結構影響甚多，因此為了預測烘焙特性，要先了解其蛋白質組成。本研究評估 78 種小麥麵粉的蛋白質組成，首先會先將麵粉分級並通過反相超高效液相層析 (RP-UPLC) 進行分離。將層析圖在固定時間間隔進行積分，並透過熱圖與主成分分析來與烘焙結果比較。結果發現某些麵包具有特別的麩蛋白/谷蛋白比例。

Freekeh 是一種煙燻未成熟的硬質小麥，具有豐富的營養價值與風味並受到全球關注。然而，對 Freekeh 的風味化學、感官特性與消費者接收度仍相當有限，因此本研究使用分析、代謝學和感官方法來研究 Freekeh 的風味。結果發現 Freekeh 的風味是來自穀物常見的代謝物與加工過程導致的梅納反應產物。與成熟的硬質小麥相比，較早採收的 Freekeh 具有更好的芳香、甜味與鮮味。這是因為其中的糖、氨基酸與揮發性成分較高。

麵包品質通常與麵團的流變性質有關係，因此本研究旨在透過以 Warburton's 黏性測試為基礎的新型測量方式，來了解麵團的黏度與流變性質，並探討麵團成分(鹽、糖和酵素)對麵包造成的影響，也需要考慮經攪拌後的結構以及氣泡聚集的程度對麵包品質造成的影響。

膳食纖維對人體健康的影響已被廣泛認可，但對不同類型纖維的確切機制仍不夠清楚。膳食纖維及其組成成分的量化能準確預測食物對人體健康造成的影響，且對特定健康宣稱食品相當重要。目前用來測量小麥產品膳食纖維的方法通常注重於主要的細胞壁多糖，而無法準確定量細胞壁與非細胞壁中的微量成分，如木聚糖、甘露聚糖、果膠與果寡糖等。並且，因為白麵粉比全麥麵粉具較低的膳食纖維含量，因此更難進行膳食纖維分析。研究使用 AOAC 建議的技術，包含 HPAEC-PAD 分析，來製作一份完整的膳食纖維之「資產負債表」，來表示主要與次要的膳食纖維成分。

小麥的品質會受環境(氣候、土壤條件等)影響，因此萃取澱粉技術需保證澱粉品質的一致性。在烘焙行業中，將麵筋添加到麵粉中可以穩定現有的麵筋網狀結構，並彌補小麥原本的自然品質變化。然而，水解的活性麵筋之黏度的不穩定也限制了烘焙食品的發展。透過添加不同鹽類、抗壞血酸或 Tween 20 到麵筋中，以了解是否能控制麵筋的功能性。研究發現，添加鹽類後，麵筋的延展性

與黏度都有所增加，但跟個別的蛋白質組成含量也有所關聯

正確預測小麥麵粉的品質對穀物行業非常重要。傳統上會以評估蛋白質或受損澱粉為主，然而這些預測能力通常有限。另外，麵粉的次要成分，如阿拉伯木聚糖和脂質等，對麵包製作也有所影響，因此評估麵粉次要成分的自然變化對小麥麵粉品質參數的預測影響非常重要。收集來自法國不同地點的 150 個小麥樣品，並評估其關鍵品質標準，如吸水量、彈性指數、堅韌性與麵團延展性，並採用多元線性回歸與最小化變量數量。研究發現，考慮同時次要成分特徵、蛋白質與受損澱粉的回歸模型，能顯著改善品質預測的準確性。

慢性消化澱粉對人類飲食健康至關重要，因此必須了解澱粉結構與消化速率間的關係。其中，可以透過研究澱粉生合成、結構與性質間的關係來量化聚合物的結構分佈與鏈長分佈(CLD)。利用去分支的澱粉樣品，透過 SEC 定量，來獲得 CLD。結果顯示，B-type 澱粉中的延伸分枝結構對 α -澱粉酶具有抗性。另外，澱粉的酵素抗性也與無定形結構、表面通道缺乏等有關係。稻米是西非地區最常消費的穀物之一，但主要來自於亞洲進口，可能與對當地地區稻米品種的知識不足有關。在這項研究中，會以貝南地區為例，研究九種稻米的功能性質。作者對這些稻米進行去穀產量、精米回收率、尺寸、顏色、水溶性指數、直鏈澱粉含量等性質進行評估。最終將這九種稻米分類成適合煮飯、適合做成蒸煮飯以及適合做成無麩質麵包這三類。

稻米的外觀與精米回收率(HRY)是穀物商業價值的重要因素，然而目前確定 HRY 的方法是較主觀且耗時的。根據 AACC 核准的 61-10.01 方法：PaddyCheck 為一種通過偏光透射和視覺影像分析，在短時間內客觀評估水稻品質，包括尺寸和透明度等，並能用

此技術來預測 HRY 的品質。另外也正在開發新型小麥品質分析工具 WheatCheck。

小麥麥芽中具有各種功能性酵素，因此添加這些麥芽可以顯著影響小麥麵團的性質。例如：小麥麥芽會降低麵團的穩定性、增加麵團軟化，並導致皮層褐變、體積增加、改變硬度等。為了瞭解背後的機制，並使用麥芽來改善穀物產品性質，作者開發了一種根據 azogluten 的分析方法。與傳統分析方法相比，這種分析能直接分析麥芽蛋白酶對小麥產品蛋白質的影響，也可以了解蛋白酶對膠原蛋白的影響。

高粱是全球第五大生產與消費的穀物作物，具有巨量與微量營養素，並含有 7-14% 的蛋白質，其中主要由高粱蛋白組成。而與其他穀物蛋白質相比，高粱蛋白具較高疏水性與交聯性，因此有較好的蛋白酶抗性。本研究旨在開發有效的高粱蛋白萃取方法，並進行全面的生物、物化性質分析。作者利用 SE-HPLC 與 UV 以及 SDS-PAGE 檢測蛋白質萃取物的組成，並用凱氏定氮確定高粱蛋白轉換係數。結果發現，使用去殼穀粒，並用 60% 叔丁醇-水(tert-butanol/water)為溶劑(樣品:溶劑 = 1:100)，在 60°C 下、兩個 10 分鐘的萃取循環的條件下具有最大的萃取效率。

11. 食品安全

在許多植物物種中，天門冬醯胺在氮儲存和運輸中扮演著核心角色。然而，它也作為丙烯胺的前體，丙烯胺是一種 2A 類致癌物，它在高溫烹調和加工谷物、塊莖、豆類、儲存根和其他植物產品過程中由游離（可溶性、非蛋白質）天門冬醯胺和還原糖生成。在種子發芽期間和對非生物/生物脅迫作出反應時，游離（可溶性、非蛋白質）天門冬醯胺的累積會增加。本文作者利用 CRISPR/Cas9 技術，針對麵包小麥中的天門冬醯胺合成酶-1 和-2 基因（TaASN1 和 TaASN2）進行了定點修改。結果顯示，小麥中的 DON 處理會增

加游離天門冬醯胺、谷氨酰胺和天門冬酸濃度。作者旨在通過利用 Fg 突變體、RNA-seq 分析、磷酸蛋白組學和接近標記等方法來解開這個複雜的信號網絡，然後使用 VIGS 驗證此信號中樞模型。

在高溫加工後，許多食品中都檢測到神經毒性分子丙烯醯胺，並且具有致癌性。丙烯醯胺在食品中的存在對於食品工業來說是一個難以達到監管標準的問題，因為歐洲委員會於 2017 年發佈了食品產品的基準水平和守則。在 COST ACRYRED 行動（CA21149）中，工作組（WG）2“農學和穀物育種”的目標是評估穀物物種和品種中穀物中游離天門冬醯胺的多樣性，並鑑定出低積累品種。在這個願景下，意大利農業生物學和生物技術研究所（CNR）正在進行不同的研究項目，旨在識別小麥中的遺傳物質，以限制種子中的游離天門冬醯胺濃度。

基於數據的丙烯醯胺減少策略包括使用傳統標準實驗室測試和感測器來盡快測試 ASN 的數據捕獲。然後通過數據解釋和統計數據分析來分析數據；以開發平台為目標，根據客戶提供的成分含量來計算其產品中的丙烯醯胺生成潛力，提供前體水平，然後根據這些數據提供歐盟委員會所需的預先整體報告，並向客戶提供其丙烯醯胺含量潛力的數據。透過該公司 17 年來在小麥和其他植物基質中減少丙烯醯胺的經驗來提供內部管理，通過生成和提供基於我們大量分析樣品的通用建議。

目前歐盟對穀物類食品中丙烯醯胺的安全疑慮，以尋找低成本減量策略來降低丙烯醯胺的需求。天門冬胺酶是一種將天門冬胺分解為天門冬酸的酶，因此可以通過消除原料中的前驅物，減少食品中的丙烯醯胺形成。該研究旨在研究不同濃度、培養時間和溫度的天門冬胺酶對早餐穀物中丙烯醯胺的減少效果，同時保持正面的質地和顏色特性。結果顯示，耐熱天門冬胺酶在降低丙烯醯胺方面效果更佳。使用此類天門冬胺酶時，在燕麥片中的減少高達 79%，在

小麥片中高達 55%。增加天門冬胺酶的濃度並沒有顯著作用，培養溫度也沒有顯著作用。穀物中的游離天門冬胺與最終產品中的丙烯醯胺相關。較低的天門冬胺穀物在最終產品中形成的丙烯醯胺較少。由於批次表面的片狀產品重量損失較高，質地和顏色在同一批次內存在一定變化，但沒有觀察到顯著的變化。研究結果支持使用天門冬胺酶的優勢，因為處理條件保持不變，產品在處理後的質地特性和顏色都保持不變。

在麵包製作中烘烤過程中形成丙烯醯胺是一個安全問題在。低游離天冬氨酸含量小麥的交易是達成減少這一食品安全風險的國際目標的策略之一。然而，影響游離天冬氨酸含量的小麥生產因素也會影響蛋白質含量和組成，通過蛋白質對麵團粘彈性的影響，麵包質量會受到影響。我們研究了麵團流變學（質量）與小麥游離天冬氨酸濃度（安全）之間的關係，以確定改善小麥安全是否會影響小麥的質量。

綜上所述，游離天冬氨酸濃度較高的小麥產生的小麥麵團對拉伸的抵抗力較小，並具有更流動的特性，即麵筋較弱。從這一發現中得出的一個受歡迎的結果是，通過減少小麥中天冬氨酸含量來減少麵包中丙烯醯胺的策略不會損害麵包的品質。

期待透過統計實驗設計研究其對小麥麵包中丙烯醯胺生成的影響，使用胡蘿蔔絲、馬鈴薯片和油炸洋蔥，並探索可能的降低策略。使用小麥粉製備了酵母發酵的麵包，添加水量在每 100 克麵粉中範圍從 56.5 至 79.1 克，並使用不同濃度的乾胡蘿蔔絲、馬鈴薯片和油炸洋蔥。帶有胡蘿蔔絲、馬鈴薯片和油炸洋蔥的麵包中的丙烯醯胺濃度分別達到 274 ± 10 微克/千克、 292 ± 16 微克/千克和 545 ± 30 微克/千克。對於胡蘿蔔麵包，觀察到皮層丙烯醯胺、麵糊中的葡萄糖（ $r=0.88$ ， $p<0.001$ ）和果糖（ $r=0.81$ ， $p<0.05$ ）水平與皮層水分（ $r=-0.76$ ， $p<0.01$ ）之間存在顯著相關性。在以馬鈴薯為

基礎的麵包中，在皮層丙烯醯胺含量和麵糊中的天冬氨酸（ $r=0.97$ ）、麥芽糖（ $r=0.92$ ）以及馬鈴薯片添加量（ $r=0.95$ ）之間發現了顯著的線性相關性（ $p<0.001$ ）。在帶有油炸洋蔥的麵包中，皮層丙烯醯胺與洋蔥添加量之間存在顯著的線性相關性（ $p<0.001$ ， $r=1.00$ ）。計算麵包片的丙烯醯胺濃度以代表食用時的潛在暴露，胡蘿蔔、馬鈴薯和洋蔥添加的丙烯醯胺濃度分別為 79 ± 5 微克/千克、 92 ± 5 微克/千克和 343 ± 4 微克/千克。丙烯醯胺的形成強烈依賴原材料組成，受使用成分類型的影響，而水的添加僅對胡蘿蔔麵包的丙烯醯胺生成有顯著的降低作用。

使用發芽穀物製作烘焙產品可增強保健食品的生物活性，因為它增加了礦物質的生物利用度、營養特性和抗氧化能力。此外，由於在發芽過程中澱粉酶和蛋白酶活性增加，自由氨基酸和還原糖的含量也會增加。這反過來增加了經熱處理後梅納反應產物形成的潛力。在發芽後應用發酵可以減少這種風險，因為酵母會消耗前驅物。研究調查了分別應用發芽和發酵或二者結合對烤麵包和餅乾中熱過程污染物形成的影響。同時評估了最終產品的技術品質特性和消費者接受度。在餅乾和麵包食譜中以各種比例取代了全麥麵粉的發芽和發酵（使用酵母菌和酸種）小麥麵粉。當麵粉被發芽麵粉取代了高達 50% 時，這些產品的物理特性沒有發生變化。然而，使用發芽麵粉未能滿足消費者的喜好。在酵母菌發酵的麵包中，當發芽麵粉取代量達到 50-100% 時，丙烯醯胺、羥甲基丙烯醯胺和費洛色胺的含量開始增加。在酸麵團發酵的麵包中，加入發芽麵粉後，大多數污染物沒有顯著變化。在餅乾中，與單獨使用發芽麵粉相比，兩種發酵方式都降低了丙烯醯胺的含量。

12. 消費者觀感

營養學家經常認為應該要避免加工食品，發展出 NOVA 飲食評分指引，這套系統以加工程度分為 5 級，UPF (Ultra Processed Food) 是 5+，同時若含有廚房中少見的食品添加物無論其功能是為

了促進安全、營養還是永續也屬於此級，其實常見的主食中如燕麥和米之外，95%是 UPF。其實 NOVA 評分系統對於全穀或精製穀物並無分辨力，往往導致消費者礦物質、葉酸、膳食纖維的缺乏。全穀食品仍需透過加工才能擴大攝取量，所以建議營養界應重新設計評分系統，且應考慮全穀的效益，而非以加工程度來分級，容易使消費者不知所措。

消費者越來越重視潔淨標示的產品，烘焙食品(如蛋糕)往往加入含有磷酸鹽的膨脹劑，研究透過使用酵素與碳酸氫鈉的使用來取代含磷酸鹽的膨脹劑，可以使蛋糕具有和原來接近的體積與組織。

製作餅乾的過程中，減糖是重要的趨勢，有研究透過配方調整加入全麥麵粉，在烘焙過程中的梅納反應、焦糖化作用及阿魏酸降解，使得餅乾的揮發性物質增加，而感受到甜味，可以減少 6-39% 的糖添加量。

南非希望以鹼烹煮法(Nixtamalization)玉米來減少當地的飢餓，因為鹼烹煮法簡單方便，可保留玉米的營養並去除黃麴毒素，所以當地的學者透過問卷調查了解各地區對玉米的食用方式及習慣，最後發現部分鹼烹煮可以成功的延長玉米粥的保存期限，同時容易製作與被消費者接受。

五、結論與建議

(一)農作物的種植與生產面臨到氣候變遷的挑戰，如何在氣候不斷改變的背景下，建立一套高效、快速與低成本的品質分析系統是至關重要的。而臺灣的食品分析系統已相對成熟，建議可以進一步建立根據食品原物料品質來預測終端產品性質的系統，並結合機器學習與人工智慧來優化製程。

(二)歐洲許多研究注重於添加不同食品原料(如豆粉)或營養強化(如添加維他命 D)來製作食品以增加纖維與蛋白質含量，故結合不同食品原料來提升產品的營養價值應是未來的重要趨勢

(三)穀類原料如麵粉中的氨基酸 Asparagine，於熱加工會生成致癌物質 acrylamide，如何利用育種的方式去降低原料的 Asparagine，將可以有效降低 acrylamide 的形成，是未來穀類原料開發的研究趨勢。

六、謝誌

感謝農業部農糧署及外交部 NGO 委員會經費支持，及本次參與活動專家的努力與配合，使得本次出國任務得以圓滿成功。