

出國報告（出國類別：研習）

高去醣基型異黃酮大豆機能性產品開發 之研究

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：劉威廷助理研究員

派赴國家/地區：加拿大安大略省貴湖市

出國期間：108/7/16~108/11/18

報告日期：109/1/17

摘 要

本計畫基於天貝（Tempeh）發酵進行異黃酮成分變化分析，並依據過去執行科技計畫之成果，所篩選之高異黃酮國產大豆品種以及加拿大提供之高異黃酮品種做為試驗材料，比較不同品種在經過不同時間發酵後異黃酮以及抗氧化力之變化，此外，亦調查加拿大當地植物性蛋白產品（plant-based protein product）之市場概況，做為未來佈局相關產品之參考。研究中發現，天貝在發酵第二天時，去醣基型異黃酮（Isoflavone aglycones）以及抗氧化力都達到最高，且總異黃酮含量高的品種，在發酵後也能維持相對高的去醣基型異黃酮。加拿大在近幾年開始盛行植物性飲食（plant-based diet），相關產品已相當多元且成熟，若能借鏡加拿大經驗，持續以國產大豆開發多元、具新穎性之植物性蛋白食品，可望促進國產大豆之消費及利用。除了大豆之外，其他豆科作物的利用在國際上的討論度也逐漸提高，例如「Beyond meat」就是使用豌豆而非大豆，另外加拿大當地生產的扁豆、鷹嘴豆、菜豆（common bean）等，也經常使用於產品開發，建議能增加國內豆科作物多元產品利用及開發，以因應未來趨勢。

目 次

本文	4
目的	4
研習過程	4
研究結果	4
圖表	8
心得及建議	14

本文

目的

本計畫基於天貝發酵進行異黃酮成分變化的試驗，並依據執行科技計畫「國產大豆營養評估及機能產品開發」（107 農科-7.2.5-農-C1）之成果，以計畫中篩選而得之高異黃酮國產大豆品種以及加拿大提供之高異黃酮品種做為試驗材料，比較不同品種在經過不同時間發酵後異黃酮以及抗氧化力之變化，探討合適做為開發機能性產品之大豆品種及發酵時間，此外，亦調查加拿大當地植物性蛋白食品之市場概況，做為未來佈局相關產品之參考。

研習過程

本計畫執行期間共 4 個月，在加拿大貴湖研究發展中心（Guelph RDC）完成為期 2 週的安全教育訓練後，開始進行研究工作，共以 8 個大豆樣品做為試驗材料，從大豆加工開始取樣，包含乾燥大豆、泡水後、去種皮後、煮熟後，以及發酵第 0 天、第 1 天、第 2 天、第 3 天、第 5 天、第 10 天，總共 10 個試驗組，進行 12 個大豆異黃酮分析，以及 3 項抗氧化力試驗，完成分析數據超過 2000 筆。除試驗研究外，為了解國際上之產業需求，共造訪超過 10 家大型連鎖超市，調查與本研究相關之植物性蛋白食品市場概況，做為未來研究及開發相關產品之參考，並且與天貝製造公司 Henry's Tempeh 會面，了解天貝市場狀況及發酵技術交流學習。

研究結果

（一）異黃酮分析

首先觀察 8 個大豆品種在發酵前後整體去醣基型及醣基型異黃酮變化，由圖一結果顯示，醣基型異黃酮為乾燥大豆種子中最主要的異黃酮形式，大豆中天然存在的去醣基型異黃酮含量低於 $30 \mu\text{g/g}$ ，在經過浸泡、去除種皮和蒸煮等必要的加工步驟後，醣基型異黃酮含量略有下降（即圖中的 0d），從品種 KS11 中分析得到去醣基型異黃酮含量從 $23.78 \mu\text{g/g}$ 增加到 $182.30 \mu\text{g/g}$ ，在其他品種中則未觀察到去醣基型異黃酮有明顯增加。

一般來說，在天貝發酵過程中，去醣基型異黃酮會逐漸增加，而醣基

型異黃酮則會逐漸減少。本計畫中觀察到相同結果，在發酵的第二天去醣基型異黃酮為最高，從發酵第二天到第十天，去醣基型異黃酮沒有顯著變化，但醣基型異黃酮則持續下降，其中在品種 JC 中發現最大幅度的下降，約為 48.1%。

在發酵前，品種 JC 中總異黃酮含量最高，其乾燥種子的異黃酮含量超過 6800 $\mu\text{g/g}$ ，第二和第三位分別是 KS11 和 OA；發酵後，JC，KS11 和 OA 中同樣分析出較高含量的去醣基型異黃酮，約介於 1200 $\mu\text{g/g}$ 和 2000 $\mu\text{g/g}$ 之間。相較之下，TN10 和 TN3 發酵前的總異黃酮含量最低，約為 4400 $\mu\text{g/g}$ ，同樣地，在發酵的第十天 TN10 和 TN3 以及 KS2 的去醣基型異黃酮含量亦較低。

圖二至圖四則分別觀察不同結構異黃酮之變化。從圖二中可得知，在天貝發酵過程中，每個大豆品種都發現相似的異黃酮特徵變化模式，在去皮和煮熟的大豆中 Malonyl-daidzin 顯著減少，與乾大豆相比，發酵後損失約 40% 至 50%，此外，在發酵期間屬於醣基型異黃酮的 Daidzin 含量也逐漸減少，在第二天和第十天較低。相對而言，Daidzein 是發酵大豆中最主要的去醣基型異黃酮，其含量則顯著增加。在所有試驗樣品中均未分析出 Acetyl-daidzin。儘管各品種間觀察到了相似的異黃酮變化模式，但仍有些例外，例如在 KS9 中發現，經過去皮和煮熟後 Daidzin 含量增加，而其他品種則是降低。

圖三表示主結構為 Glycitein 的異黃酮分析，試驗結果顯示，三種醣基型異黃酮均顯示出不同的變化模式。在發酵三天後，Glycitin 顯著增加，尤其是品種 KS2，KS9 和 TN3 最為顯著。Acetyl-glycitin 則是在發酵前兩天含量逐漸增加，至第三天開始下降。相對的，在乾燥種子中觀察到了最高程度的 Malonyl-glycitin，然後在發酵過程中逐漸降低。另一方面，去醣基型異黃酮 Glycitein 則在發酵後持續增加，發酵結束時在品種 OA 和 JC 中發現最高含量。

圖四為主結構是 Genistein 的異黃酮，在醣基型異黃酮方面其轉化過程同樣有類似模式，但是大豆中 Genistin 的含量在煮熟後有所增加(除了 KS9)，然後在發酵過程中持續下降。Genistein 的含量則始終保持較低水平，低於 150 $\mu\text{g/g}$ 。

(二) 抗氧化力分析

本計畫共進行了三項抗氧化力分析，包含三價鐵抗氧化還原力、DPPH 自由基清除活性以及總酚含量，如圖五。

在發酵前，黑豆品種 TN10 的乾燥種子中測得最高的三價鐵抗氧化還原力及 DPPH 自由基清除活性，可歸因於黑豆種皮中所含花青素具有優良的抗氧化能力，在脫去種皮後抗氧化力則大幅下降。在發酵過程中，第二天各品

種的抗氧化力最高，第三天後則未見明顯變化。該圖顯示了 DPPH 自由基清除活性的相似模式，在第二天也觀察到了最高活性。

總酚方面，在乾燥種子中同樣以黑豆 TN10 具有最高總酚含量，脫去種皮後也大幅度減少，然而不同於三價鐵抗氧化還原力及 DPPH 自由基清除活性，發酵後的第三至第五天觀察到最高水平的總酚含量，其中 JC，OA 和 KS11，在第五天達到最高；KS9 的總酚含量隨著發酵持續增加；而 KS2 和 TN3 中，在發酵的第三到第十天，總酚含量保持在相同水平；KS3 則在發酵第十天時觀察到顯著降低。

(三) 加拿大植物性蛋白食品市場概況

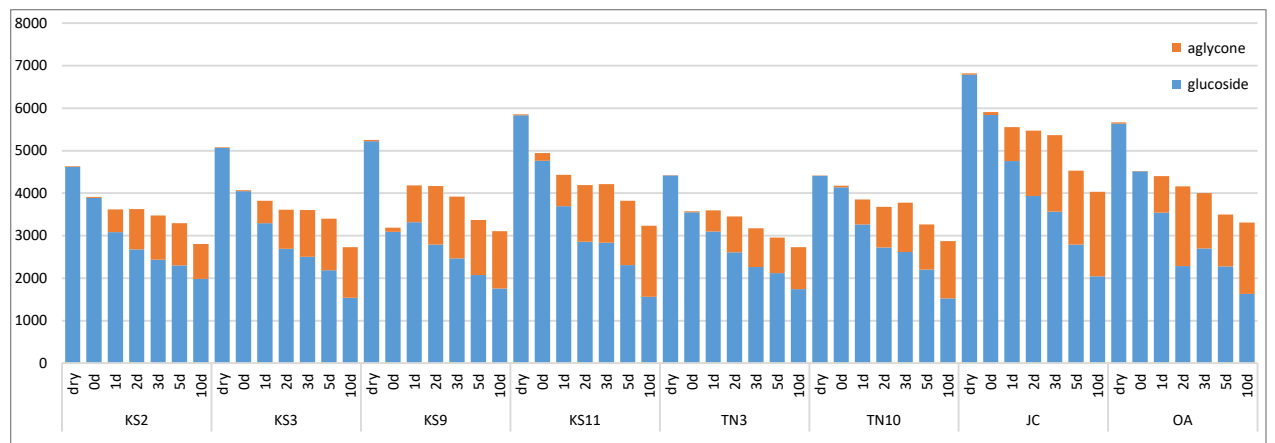
根據研究報告指出，加拿大素食人口約佔總人口 10%，不同於臺灣茹素原因多與宗教信仰具有關連性，加拿大人選擇植物性飲食的原因較為多元，包含健康取向、環境保護、動物福祉等。本計畫針對加拿大安大略省貴湖市當地超市（super market）中有關植物性蛋白食品，做一概括性的紀錄以及調查，所涉及商店包含 Metro、Goodness me、NoFrills、Food Basics、Zehrs、Longos、Market Fresh 以及源自美國的大型連鎖販售商 Walmart，綜合而言，每一家超市都設有植物性蛋白食品專區，且通常就位於蔬菜區旁或特定商品專區（圖六）。植物性蛋白食品可概略分為五類：

1. 傳統大豆製品，包含豆腐、豆乾（硬豆腐）、天貝等。
2. 仿肉製品，包含植物性培根、熱狗、漢堡排、雞塊等。
3. 植物奶（plant-based milk），除了國內常見的豆漿外，尚有各式堅果製作的飲料，如杏仁奶、腰果奶等。
4. 仿酪製品，包含植物性奶油、乳酪等。
5. 新型態仿肉製品，如 Beyond meat 等，近年來興起之產品，除了外型類似生肉製品外，甚至烹調過程以及風味都與肉更相似，且經常與其他仿肉製品區分開來，刻意擺放在肉品旁販售，目的在吸引一般食用肉類的消費者購買。

除了一般食品外，在運動營養品方面，也有許多品牌販售植物性蛋白營養補充品，提供運動員、熱愛健身者有乳製品以外的植物性選擇。值得強調的是，天貝在加拿大當地市場能見度相當高，天貝源自印尼，而加拿大雖為移民國家，人口組成來自世界各地，然而印尼人佔相當少數，天貝在市場上卻相當常見，上述各大超市中，除了 NoFrills 外皆有販售天貝，相較我國雖鄰近印尼，且於 2018 年底統計，印尼移工人數超過 26.8 萬人，仍然只有少數小型店鋪或網路販售天貝，直到 2019 年才有素食有機商品連鎖店開始販售天貝，而一般大型超市仍未見蹤影。本計畫亦訪問加拿大當地具有相當規模之天貝製造廠商，Henry's Tempeh，了解天貝在加拿大東岸的產製及銷售狀況，目前已達到盤商下訂收購鋪貨的規模，其消費族群多為重視健康人

士以及素食者，產量也仍在穩定增長當中，該廠商也因應市場需求提升，甫於 2017 年進行擴廠。除了 Henry' s Tempeh 外，尚有其他常見的天貝品牌，如 Nobel bean、Tofurky、Lightlife（長年經營仿肉製品）以及 President' s choice（加拿大連鎖超市集團）。簡言之，天貝在加拿大已不再屬於利基市場（Niche Market），而是一個在產製、販售及消費等各方面都相當成熟的產品。

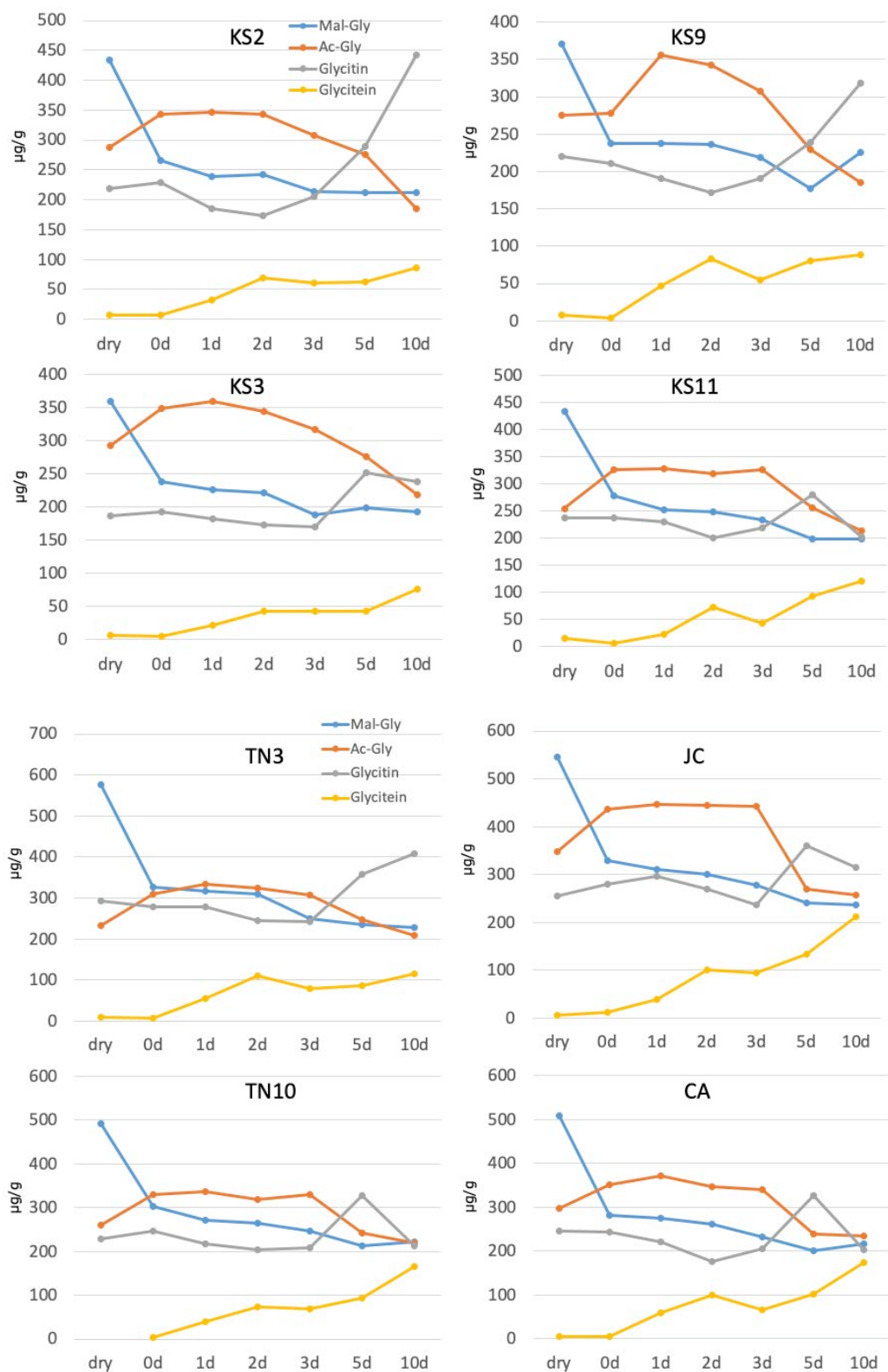
圖表



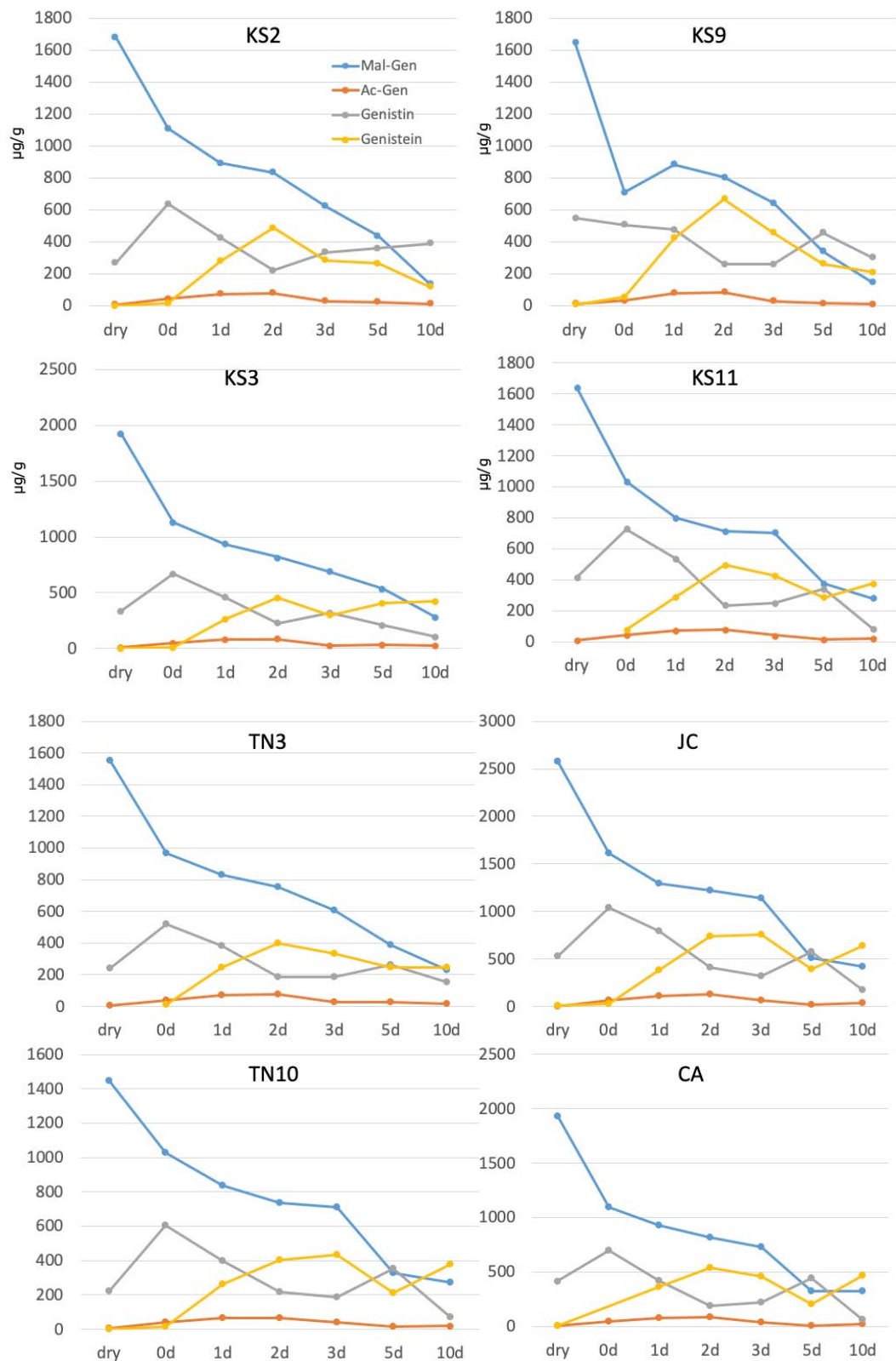
圖一、8 個大豆品種在發酵 0~10 天中所有醣基型及所有去醣基型異黃酮變化分析。異黃酮濃度單位為 $\mu\text{g/g}$ ；藍色柱狀為醣基型異黃酮，橘色柱狀為去醣基型異黃酮；dry 為未進行任何處理之乾燥大豆種子，0d 到 10d 則依序為發酵第 0 天至發酵第 10 天；品種代號 KS2 為高雄 2 號，KS3 為高雄 3 號，KS9 為高雄 9 號，KS11 為高雄 11 號，TN3 為臺南 3 號，TN10 為臺南 10 號，JC 為金珠，OA 為 OAC Avatar 為加拿大之品種。



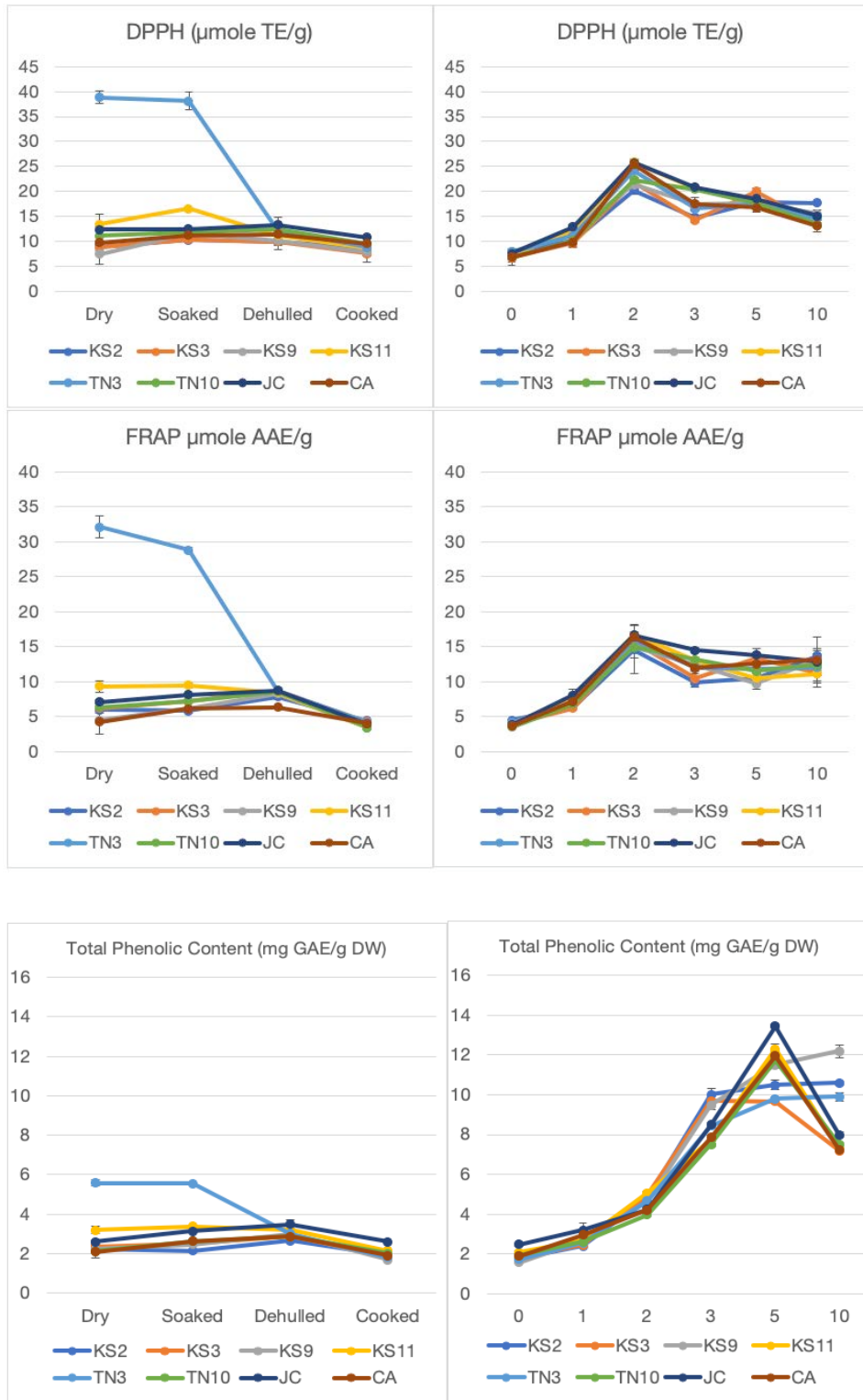
圖二、從乾燥種子至發酵第 10 天，8 個大豆品種中主結構為 Daidzein 之異黃酮變化。



圖三、從乾燥種子至發酵第 10 天，8 個大豆品種中主結構為 Glycitein 之異黃酮變化。

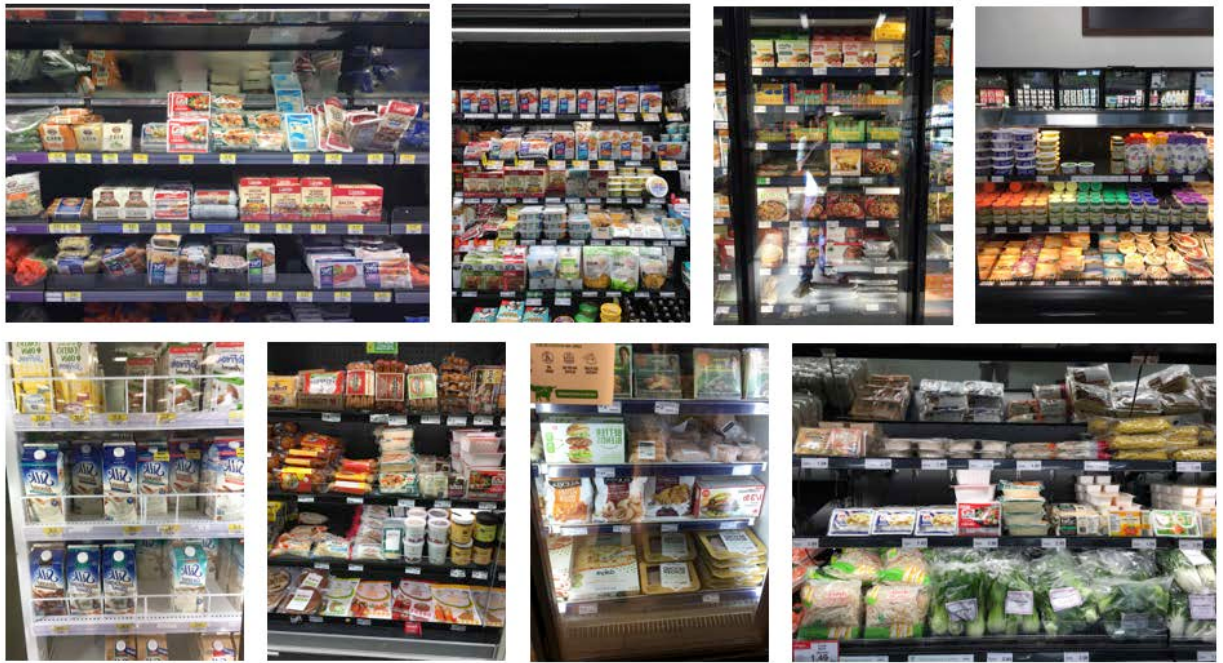


圖四、從乾燥種子至發酵第 10 天，8 個大豆品種中主結構為 Genistein 之異黃酮變化。



圖五、從乾燥種子至發酵第 10 天，8 個大豆品種之抗氧化力變化。

上



中



下



圖六、上：加拿大各大連鎖超市植物性蛋白食品上架狀況；中：Beyond meat 產品及類似產品販售狀況，左圖可見與其他肉類放在相同位置；下：各大品牌天貝。

心得及建議

天貝在發酵第二天時，去醣基型異黃酮以及抗氧化力都達到最高，且總異黃酮含量高的品種，在發酵後也能維持相對高的去醣基型異黃酮。然而發酵至第二天，天貝表面會呈現較多的黑孢子，且有較明顯之發酵異味，將影響商品價值，因此如何在提高去醣基異黃酮及抗氧化力下，能維持天貝品質仍有待進一步研究。

我國因宗教因素，素食產業發展甚早，素食人口亦相當多，相對的，加拿大近幾年方才開始盛行植物性飲食，相關產品卻已相當多元且成熟。植物性蛋白食品多以大豆做為加工原料，若能借鏡加拿大經驗，持續開發多元、新穎之植物性蛋白食品，可望促進國產大豆之消費及利用。除了大豆之外，其他豆科作物的利用在國際上的討論度也逐漸提高，例如 Beyond meat 就是使用豌豆而非大豆，另外加拿大當地生產的扁豆、鷹嘴豆、菜豆等，也經常使用於產品開發，因此建議增加國內豆科作物多元產品利用及開發。