

農業新知

與全豆腐產品開發研析 加拿大全豆加工技術

文圖／蘇致柔

一、前言

在氣候變遷加劇與環境永續議題成為全球焦點的今日，食品產業正經歷由傳統加工轉向高營養密度及低碳足跡的轉型期。在此趨勢下，植物基 (Plant-based) 產品因具備低耗水與環境友善優勢，成為重要發展項目。其中大豆因具備優良的蛋白質與多種營養成分，成為植物性食品開發的重要原料，更是國人飲食中常見各式豆製品的原料來源。

國人飲食中常見的豆製品包括豆漿、豆腐、豆干及豆皮等，傳統豆漿在加工過程中常會將豆汁與豆渣分離，雖可提升產品口感細緻度，但也導致膳食纖維、植化素等營養成分流失，同時產生大量需額外處理的豆渣副產物，除造成資源浪費外，也增加環境負擔與廢棄物處理成本。為回應市場對永續與健康的期待，「全豆加工技術 (Whole soybean processing)」應運而生，強調原料的「全利用」，即將整顆大豆直接加工製成產品，不去除豆渣，保留大豆全部的營養成分，並提高產品飽足感與加工效率，符合永續發展的理念。

二、傳統豆腐製作與凝固原理

傳統豆腐製作過程，主要將浸泡後的大豆研磨成漿，過濾去除豆渣後得到豆漿，再加入凝固劑使其中的大豆蛋白質發

生凝聚反應，形成豆花狀的凝膠，再經過模具成型及壓製脫水，即可製成板豆腐，其質地堅實、含水量較低；若不進行壓製，則製成質地柔軟、水分較高的嫩豆腐。

常見的凝固劑包括鹽滷、石膏與葡萄糖酸內酯 (Glucono delta-lactone, GDL)，不同類型的凝固劑會對豆腐凝結速度及質地產生明顯差異。鹽滷由海水濃縮提煉而得，主要成分為氯化鎂 ($MgCl_2$)，亦含有少量鈣、鈉、鉀等離子；石膏的成分為硫酸鈣 ($CaSO_4$)，是水溶性較低的鈣鹽，為緩慢釋放的鈣離子來源，兩者皆透過提供二價陽離子，使蛋白質分子表面帶負電的基團被中和，降低蛋白質間的靜電斥力，促使蛋白質聚集並形成穩定的三維網狀結構，進而形成豆腐凝膠。此外，葡萄糖酸內酯是一種酸性內酯化合物，在水中會緩慢水解生成葡萄糖酸並釋放氫離子，逐漸降低豆漿的 pH 值。當 pH 接近大豆蛋白的等電點時，蛋白質分子之間的靜電排斥力減弱，發生凝聚與沉澱形成網狀凝膠結構。

三、全豆豆腐產品開發

全豆基質具有較高的膳食纖維含量及植化素，能增加產品的飽足感與營養密度，可作為健康飲食與機能性食品的材料，可應用於全豆豆漿、全豆腐、即溶飲品、發酵乳、全豆優格等多樣產品型

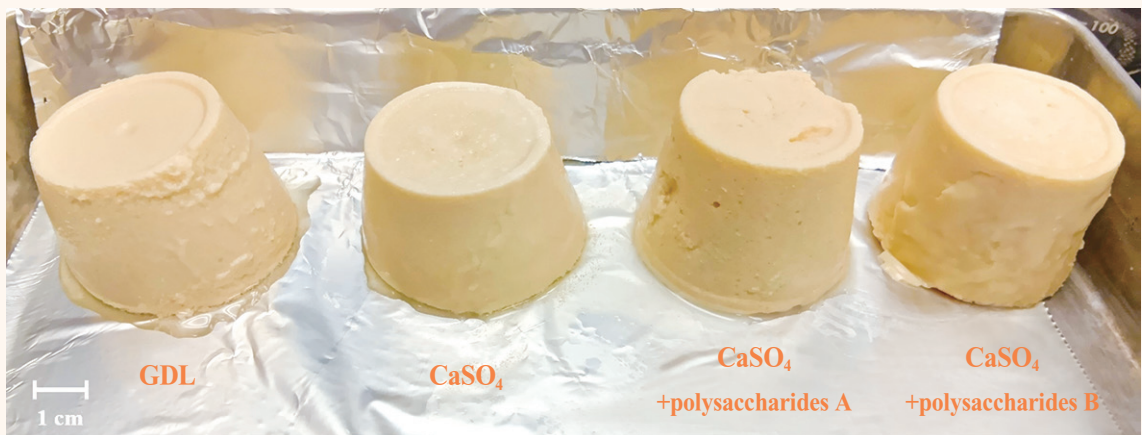
態，滿足不同消費族群的飲食需求。然而，由於膳食纖維與非蛋白質成分的存在，可能造成質地粗糙與口感不佳，並影響其後續加工特性及產品穩定性。因此，搭配合適的製程優化技術成為全豆產品開發的關鍵。

為解決此技術瓶頸，本場派員前往加拿大貴湖研究中心 (Guelph Research and Development Centre) 進行技術交流。該中心隸屬於加拿大農業及農業食品部 (Agriculture and Agri-Food Canada, AAFC)，致力於食品安全、營養與功能性食品之研發，包含控制食品加工過程中污染風險、開發天然抗氧化劑與營養素、植化素與全穀雜糧之機能應用等方面具備深厚研究基礎。

本次技術交流以開發全豆豆腐為目標，由於全豆豆漿中含有的纖維會干擾蛋白質凝結及沉澱過程，常導致凝膠結構鬆散、質地不均，進而影響成品的外觀、口感與加工穩定性。因此，貴湖研究中心引入天然多醣 (Polysaccharides) 作為輔助成分，藉由其與蛋白質間的交互作用以強化網狀結構，提升凝膠的均勻性與穩定性。研究顯示，全豆豆腐製作中單獨使用 GDL 或石膏作為凝固劑，易因全豆基質中非蛋白質成分干擾蛋白質聚集，限制網狀結構形成，導致凝膠強度不足及熱穩定性降低。添加多醣可透過其與蛋白質間的靜電作用或氫鍵作

用，形成更緻密的蛋白 - 多醣複合凝膠網絡，不僅提升凝膠強度、改善烹煮過程中的耐熱性，亦改善硬度、膠著性與咀嚼性等質地指標，流變測試亦顯示其凝膠結構具有良好的彈性特性與穩定的凝

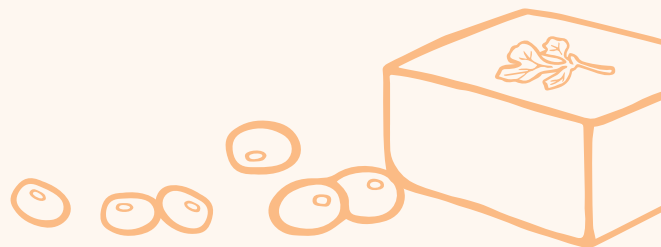
膠結構。因此，透過適當添加多醣可顯著提升全豆豆腐的結構穩定性與食用品質，為未來開發高營養、高機能且具永續價值之植物性蛋白產品提供可行策略與技術依據。

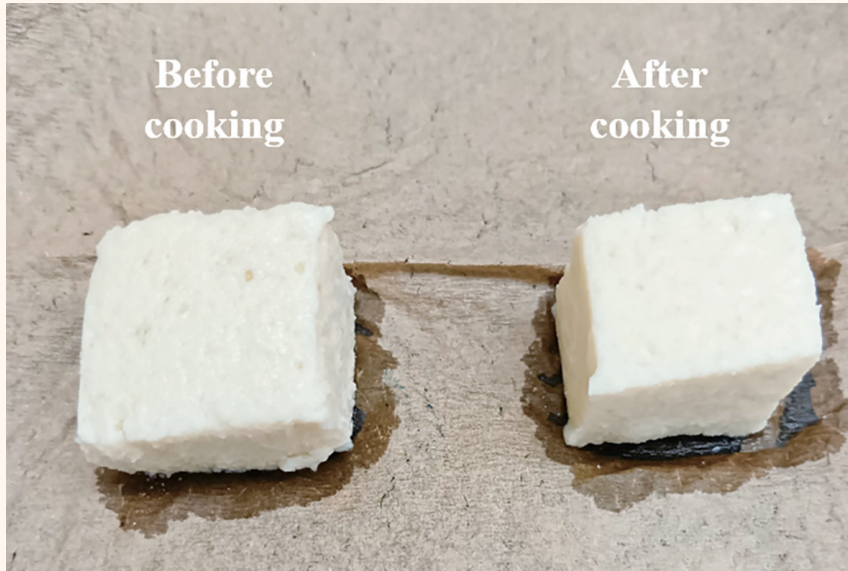


▪ 以不同凝固劑配方製備之全豆豆腐樣品外觀



▪ 全豆豆腐樣品凝膠能力比較，未添加多醣的樣品 (左) 及添加多醣 (右) 後的樣品





▪ 添加多醣之全豆腐樣品烹煮前 (左) 與烹煮後 (右) 之外觀

四、未來展望

隨著消費市場對健康、永續及植物性飲食的關注持續升溫，全豆加工技術具備高度發展潛力。全豆加工技術亦可延伸應用於各類國產豆類，如紅豆、樹豆等，考量不同豆類在營養成分組成、蛋白質結構、水分吸收性及加工特性上的差異，未來應依據原料特性調整濃度、研磨條件及加熱與凝膠形成等製程參數，以確保產品質地細緻、穩定性良好並符合消費者接受度。透過全豆技術的導入與製程優化，可有效拓展國產豆類在植物基飲品、乳製品替代、機能性食品及休閒零食等多元應用領域，進而提升國產雜糧的市場價值與產品附加

功能，促進本土農業發展及產業升級。

此外，全豆具有促進腸道健康、調節血糖、降低膽固醇及抗氧化等潛在保健效益，未來可透過動物試驗或人體研究進行科學驗證，建立更具說服力的功能性基礎。並結合食農教育與銀髮營養推廣活動，普及全豆的營養價值與保健效益，強調全豆保留豆類中的膳食纖維、維生素、植化素及高品質植物蛋白，提升消費者對全豆產品的認同感，並塑造其作為健康、環保且多樣化飲食選擇的形象，提升市場的接受度與需求，推動全豆利用及植物基飲食文化。