

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

澱粉與肌肉蛋白質交互作用力之研究

計畫類別： ☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號： NSC 89-2313-B-002-186

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：葉安義

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐ 赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：台灣大學食品科技研究所

中 華 民 國 90 年 10 月 26 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

澱粉與肌肉蛋白質交互作用力之研究

A study on the interactions of starch and muscle protein

計畫編號：NSC 89-2313-B-002-186

執行期限：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人：葉安義 台灣大學食品科技研究所

一、中文摘要

以鹽溶性蛋白質 (salt soluble protein, SSP) 與澱粉為模式系統之材料，探討澱粉與蛋白質在加熱過程中之交互作用。發現在加熱過程中，鹽溶性蛋白質先形成連續的網狀結構，糊化的澱粉則包覆於蛋白質周圍，澱粉的存在使蛋白質 - 澱粉複合物之最大儲存模數 ($G'_{\max}$) 產生了相乘的效果，同時影響模式系統之損耗正切 ($\tan \delta$)，報告中亦以電子顯微鏡的觀察，討論因澱粉顆粒粒徑而引起的結構差異。

關鍵詞：澱粉、蛋白質、交互作用

Abstracts

The interaction between protein and starch during heating has been studied by using salt soluble protein (SSP) and three starches from potato, corn and rice. SSP had lower denaturation temperature and formed a continuous phase. Starch granules gelatinized and coated on the protein, which increased the reading of maximum storage modulus ($G'_{\max}$) during temperature sweep. The presence of protein did not affect the gelatinization behavior of starches. Scanning electron microscopy revealed the difference in structure due to starch granule size.

Keywords: Starch, Protein, Interactions

二、緣由與目的

澱粉經常被添加於各類型的蛋白質膠體中，用於增加蛋白質膠體強度並降低成本，然而澱粉如何增加蛋白質膠體強度，及澱粉在蛋白質膠體中所扮演的角色，目前尚未完全了解，文獻指出澱粉的存在使魚漿製品的堅硬度 (rigidity) 快速增加，但熱分析顯示澱粉的糊化與魚肉蛋白質的變性互不影響，故澱粉在魚漿製品作為填充劑 (filler)，充填於蛋白質網狀結構中 (Wu 等,1985)，然而添加預糊化澱粉則會使膠體強度變差，保水力降低 (Chung and Lee, 1991)，似乎顯示澱粉顆粒存在的必要。

肌肉蛋白質依溶解度分為水溶性、鹽溶性及不溶性蛋白質，其中鹽溶性蛋白質經加熱後可形成三度空間網狀結構，為影響肉製品質地的重要因子 (Xiong, 1997)。本研究以鹽溶性蛋白質與澱粉為材料，利用流變學、熱分析、掃描式電子顯微鏡、切片染色及高分子材料學的理論，研究三種澱粉 (馬鈴薯、玉米及米) 於蛋白質凝膠時所扮演的角色，期能深入了解澱粉/蛋白質膠體的性質，判斷澱粉與蛋白質之間可能的交互作用。所得結果可作為業者開發新產品、改善產品品質的參考資訊。

三、材料與方法

以 pH6.0 之磷酸緩衝液萃取豬後腿肉中之鹽溶性蛋白質 (SSP , salt soluble protein) (Robe and Xiong , 1992) , 加入鹽溶性蛋白質濕重 30 % 的澱粉 , 使用的三種澱粉分別是馬鈴薯澱粉、玉米澱粉及米澱粉 , 添加 0.17M NaCl , 並以 pH6.0 之磷酸緩衝液調整鹽溶性蛋白質-澱粉混合物之水含量至 76 % , 充分混合後置於模型中以沸水加熱 10 分鐘 , 得到厚度為 1.3mm 之鹽溶性蛋白質-澱粉複合物 , 稱為模式系統 (Model system) , 以電子顯微鏡觀察模式系統之顯微結構 , 應用切片染色的技術 (Preece , 1972) , 觀察模式系統中鹽溶性蛋白質與澱粉的分佈情形。並利用示差熱掃描分析儀 (DSC) 測定鹽溶性蛋白質對澱粉糊化行為的影響 , 以振盪式流變儀測定澱粉、鹽溶性蛋白質及複合物在升溫過程中流變性質的變化 (Tsai , 1997)。

四、結果與討論

熱性質

以示差熱掃描分析儀 (DSC) 測定鹽溶性蛋白質 澱粉及其混合物在 0.17M NaCl , pH6.0 磷酸緩衝液中之熱性質。鹽溶性蛋白質之變性溫度較低 , 其變性起使溫度約為 51.7 , 變性頂點溫度為 58.8 。澱粉與混合物之熱性質如表一所示 , 澱粉的糊化溫度會因添加鹽與磷酸緩衝液而明顯提高 , 澱粉-鹽溶性蛋白質混合物在加熱過程中 , 澱粉的糊化溫度並不因鹽溶性蛋白質的存在而改變 , 顯示澱粉與鹽溶性蛋白

表一 模式系統中澱粉之熱性質

	Potato starch		Corn starch		Rice starch	
	To	Tp	To	Tp	To	Tp
In water	58.5 ± 0.4	64.4 ± 0.2	65.7 ± 0.1	71.0 ± 0.1	57.7 ± 0.0	65.1 ± 0.2
In buffer	60.6 ± 0.6	67.3 ± 0.3	70.0 ± 0.0	75.8 ± 0.2	64.2 ± 0.1	71.0 ± 0.0
In SSP	60.8 ± 0.3	67.3 ± 0.0	71.0 ± 0.1	76.3 ± 0.2	64.7 ± 0.3	71.3 ± 0.2

質之間並沒有化學性的交互作用 , 澱粉糊化溫度的改變來自鹽及磷酸緩衝液的影響。

流變性質

以振盪式流變儀測定 20 % 澱粉懸浮液、鹽溶性蛋白質及澱粉-鹽溶性蛋白質混合物在加熱過程中之流變性質。馬鈴薯、玉米及米澱粉在加熱過程中之最大儲存模數 (Storage modulus , G'_{max}) 分別為 3,585、7,602 及 11,543 Pa , 此時之損耗正切則分別為 0.1945、0.1344 及 0.0641 (表二) , 而鹽溶性蛋白質之最大儲存模數為 8914 Pa , 當澱粉與鹽溶性蛋白質混合後 , 加熱過程之最大儲存模數分別為 16,220、21,022 及 21,410 Pa (表三) , 均大於澱粉與鹽溶性蛋白質儲存模數之和 , 顯示澱粉的存在對蛋白質-澱粉複合物的儲存模數有相乘的效果。

蛋白質-澱粉複合物達最大儲存模數時之損耗正切隨著添加澱粉之損耗正切之增加而增加 ($r^2 = 0.997$) (圖一) , 顯示澱粉流變性質是影響的模式系統流變性質的主要原因。

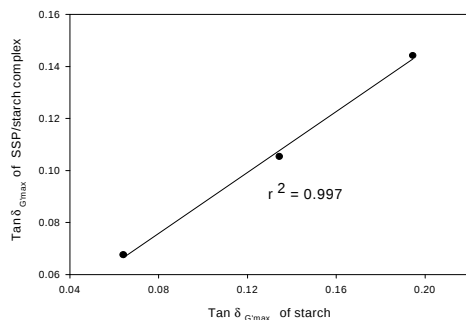
表二、澱粉在加熱過程中之流變性質

Starch	G'_{max} (Pa)	$T_{G'_{max}}$ ()	$\tan \delta_{G'_{max}}$
Potato	3585	65.0	0.1945
Corn	7602	72.3	0.1344
Rice	11543	69.4	0.0641

表三、鹽溶性蛋白質及複合物在加熱過程中之流變性質

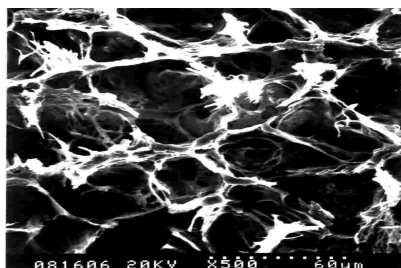
	G'_{max} (Pa)	$T_{G'_{max}}$ ()	$\tan \delta_{G'_{max}}$
SSP	8914	82.6	0.0639
Potato/SSP	16220	63.6	0.1442
Corn/SSP	21022	70.9	0.1054
Rice/SSP	21410	69.4	0.0676

圖一、澱粉之儲存模數對模式系統儲存模數的影響



顯微結構

鹽溶性蛋白質經過 100 、 10 分鐘加熱後，呈現三度空間網狀結構（圖二），與添加澱粉之模式系統中的網狀結構（圖三）不同，結構之孔洞大小，隨澱粉顆粒種類粒徑之增加而變大，推測在未加熱前，鹽溶性蛋白質包裹住澱粉顆粒，加熱後鹽溶性蛋白質首先變性形成初步網狀結構，於較高溫時，澱粉隨之糊化，馬鈴薯澱粉顆粒大，故糊化／融熔後，所遺留的空間較大（圖三 a），米澱粉較小，故形成較緊密的結構（圖三 c）。



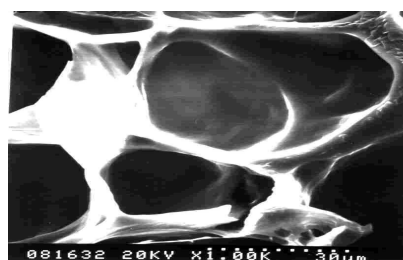
圖二、鹽溶性蛋白質（SSP）加熱後之顯微結構

切片染色觀察

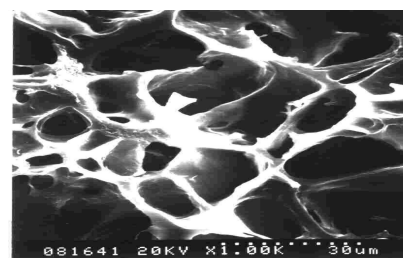
進一步利用切片染色觀察結構中澱粉及蛋白質的分佈情形，以 Eosin 將模式系統中之蛋白質染色，蛋白質可被染成粉紅色，使用馬鈴薯時，鹽溶性蛋白質（圖四 a）呈現絲狀的連續結構，玉米澱粉的顆粒較小，使鹽溶性蛋白質絲狀的連續結構呈現斷續的現象，米澱粉顆粒更小，顯然澱粉顆粒數大幅增加，因此鹽溶性蛋白質絲狀的連續結構受到干擾，結果顯示澱粉

粒徑影響結構之孔洞大小；再利用碘液將澱粉染成藍紫色（圖五），顯示模式系統的結構以粉紅色的蛋白質為主體（圖五 a、b），澱粉糊化後（藍紫色），多數包覆於蛋白質的周圍，因此遺留下空洞，少部份的澱粉分布於非連續相，並無未糊化的澱粉顆粒殘留於結構中，所以，澱粉顆粒之粒徑影響複合物結構之孔洞大小。米澱粉顆粒最小，於相同重量下，其顆粒總表面積為馬鈴薯澱粉之 8 倍，玉米澱粉之 3 倍，顆粒數也大幅增加，因此阻斷鹽溶性蛋白質的連續結構（圖五 c），連續相由米澱粉形成，鹽溶性蛋白質為非連續相的特殊結構。

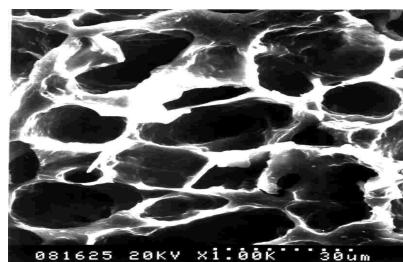
(a)



(b)



(c)



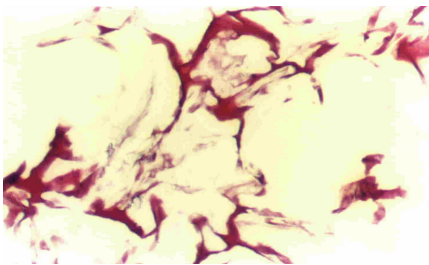
圖三、添加不同澱粉之模式系統的顯微結構 (a) SSP/馬鈴薯澱粉 (b) SSP/玉米澱粉 (c) SSP/米澱粉

結論

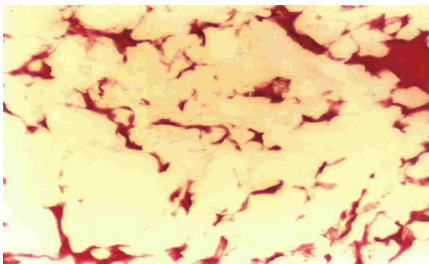
模式系統之網狀結構是由澱粉與鹽溶性蛋

白質共同組成，由於鹽溶性蛋白質的變性溫度比澱粉糊化溫度低，因此於加熱過程中先形成連續的網狀結構，澱粉於糊化後，包覆於蛋白質的周圍，共同形成連續相，二者間並沒有化學性的交互作用，澱粉的存在使得模式系統的儲存模數產生相乘的效果，結果顯示澱粉的流變性質是影響模式系統流變性質的主要原因。但過多的澱粉顆粒會阻斷蛋白質的連續結構，而成為連續相。

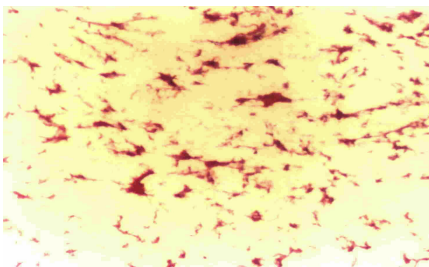
(a)



(b)



(c)



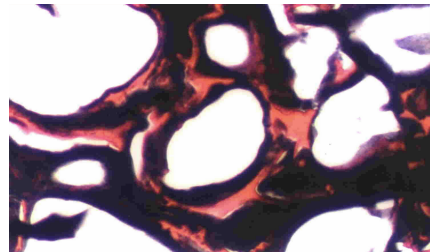
圖四、添加不同澱粉之模式系統的蛋白質切片染色
(a) SSP/馬鈴薯澱粉 (b) SSP/玉米澱粉 (c) SSP/米澱粉

五、計畫結果自評

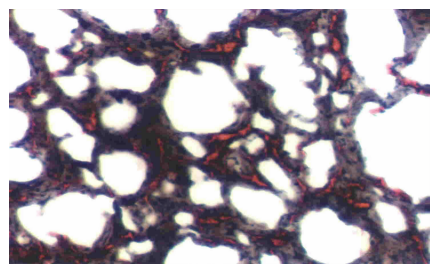
本計畫成果可提供業者作為開發新產品的

依據，利用模式系統證實澱粉添加於蛋白質膠體中之顯微結構，及影響膠體流變性質的主要原因，不僅可以作為選擇澱粉的參考，更可以從所選擇的澱粉預測產品的流變性質。

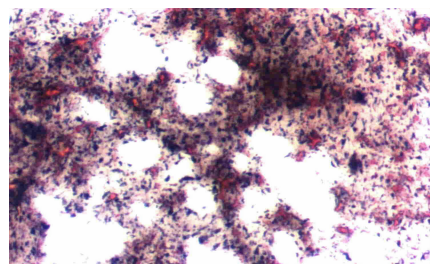
(a)



(b)



(c)



圖五、添加不同澱粉之模式系統的蛋白質、澱粉切片染色 (a) SSP/馬鈴薯澱粉 (b) SSP/玉米澱粉 (c) SSP/米澱粉

六、參考文獻

Chung, K. H. and Lee, C.M. 1991. Water binding and ingredient dispersion pattern effects on surimi gel texture . J. Food Sci. 56:1263-1266.

Preece, A. 1972. A manual for Histological technicians. Boston: Little, Brown.

Robe, G.H. and Xiong, Y.L. 1992. Phosphates and muscle fiber type influence thermal transitions in porcine salt-soluble protein aggregation. J. Food Sci. 57(6):1304-1307,1310.

Tsai, M.L., Li, C.F. and Lii, C.Y. 1997. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. Cereal Chem. 74:750-757.

Wu, M.C., Hamann, D.D. and Lanier, T.C. 1985. Rheological and calorimetric investigations of starch-fish protein systems during thermal processing. J. Texture Studies 16:53-74.

Xiong, Y.L. 1997. Structure-Function relationships of muscle proteins. In “ Food proteins and their applications.” Damodaram, S and Paraf, A. (Ed.), Marcel Dekker, Inc. New York. P341-391.