

# 毛豆凝膠之探討及應用

李穎宏<sup>1</sup>、龔賢鳳<sup>2</sup>

## 摘 要

新鮮毛豆仁以含 0.15% 碳酸鈉之去離子水稀釋 3 倍打碎後，在 80°C 進行 5~8 分鐘熱萃可得較佳之萃取品質。以此毛豆萃取液製作毛豆布丁時，是以 3 克鹿角菜膠混合 3 克三仙膠進行凝膠，其產品色澤及組織口感較佳，而奶粉添加量則以 70 克為宜。在製作毛豆豆花及毛豆豆腐則需混合部份大豆豆漿及食用膠，單獨使用毛豆熱萃液則無法形成完善凝膠。

關鍵詞：毛豆、布丁、毛豆豆花、毛豆豆腐

## 前 言

毛豆為未成熟大豆，其子粒約為鮮種仁重最大時之 80-90 %。但因莢果之農藝性狀有其特殊要求，因此並非所有大豆品種均可作為毛豆。台灣早期毛豆是將其剝成豆仁供作蔬菜使用<sup>(4,5)</sup>，截至 1971 年首批冷凍毛豆試銷日本成功後，才為我國之毛豆產業開啟出嶄新的一頁。

經過二十年發展，冷凍毛豆已躍居我國全年冷凍蔬菜總量之 50 % 以上。栽培面積於 1990 年達 9,852 公頃，其產量為 63,163 公噸，其中約有 80 % 供外銷，以輸日佔大宗，約佔日本冷凍毛豆進口市場之 95 % 強。近幾年，由於中國大陸及泰國等地相繼發展毛豆產業，雖然其品質及市場價格仍不及我國，但其輸出量則有逐年增加之趨勢。據日本進口冷凍毛豆統計資料顯示：1996 年中國大陸輸日毛豆數量高達 25,131,263 公斤已然超越台灣，而泰國若能在其國內經濟整合成功，亦極有可能取代台灣成為日本毛豆輸入之大宗。屆時，我國之毛豆產業即將面臨極大之挑戰壓力。未雨綢繆之前提下，除積極開拓歐美市場以分散風險外，更應加速發展除冷凍毛豆外之多樣化加工，以供應內外銷市場。

毛豆之營養相當優良，而所含成份之生理活性亦逐漸引起世人重視。根據日本五明紀春教授研究指出：毛豆含有與動物性食品幾乎等價之蛋白質且富含維生素 C。其蛋白分解所產生之 Peptides 除有降血壓成份外，似乎亦具有鎮痛、精神興奮抑制及催眠等作用。而所含異黃酮類(isoflavonoid)則具消除活性氧作用，皂素(saponin)則具有降低血液中性脂肪而防止血栓之作用，是為製作養生食品之絕佳天然材料<sup>(9)</sup>。然有關毛豆之研究，由於早期皆以冷凍為主，在加工上之研究大

<sup>1</sup>高雄區農業改良場副研究員

<sup>2</sup>大仁藥專食品衛生科講師

多著眼於毛豆殺青及品質方面探討。尤其以毛豆脂氧化酵素之特性及其影響之研究最為深入。其主要目的在於建立殺青指標及排除不良風味產生因素<sup>(1)</sup>。而亞蔬對於毛豆品質之分析亦多有探討，期望以 NIRS 偵測毛豆物化性質，再輔以官能品評分析下，建立優良毛豆品質之資料庫。至於關係優良毛豆食味(taste)之因素，根據學者研究結果顯示：則以 Sucrose、Glutamic Acid、Alanine 等成份具有關鍵性之影響<sup>(6)</sup>。毛豆係未成熟之大豆，相關凝膠文獻闕乏，至於大豆蛋白凝膠之研究相當多，尤其以探討大豆中 7S 及 11S 蛋白，其熱凝膠機制最是熱門<sup>(11-15)</sup>，而相關之研究確實對大豆在食品上之利用，提供了相當穩固的理論基礎與應用價值。然而有關毛豆其組成份在加工上所扮演的功能角色之研究，截至目前止仍屬有限。為加速冷凍毛豆外之新產品開發，實有必要對毛豆各成份及其加工特性詳加探討。

本計畫即擬探討毛豆之凝膠特性及加工應用，以期開發毛豆凝膠食品及作為將來毛豆新產品開發之參考。

## 材 料 與 方 法

### 一、材料：

- 1.毛豆仁：高雄 1 號。
- 2.食用膠：統園公司購買之鹿角菜膠、三仙膠及次槐豆膠。
- 3.大豆：購自裕軒食品原料行。

### 二、方法：

- 1.毛豆漿製作：新鮮豆仁→殺青→磨漿→熱萃→過濾。
- 2.毛豆布丁製作：毛豆熱萃液加食用膠→真空乳化→靜置膨潤→加熱→入模靜置成形
- 3.毛豆豆花及毛豆豆腐製作：毛豆熱萃液加熱至 80°C→快速沖入凝固劑中→入模保溫→靜置成形。
- 4.毛豆布丁及毛豆豆花、豆腐加工重要分析項目：
  - (1)毛豆天然色澤之維持：比較磷酸鹽類及緩衝液對毛豆之固色效果，並探討金屬離子對毛豆色澤之影響<sup>(2)</sup>。
  - (2)熱處理對毛豆凝膠之影響：比較中性及微鹼性時，不同溫度熱處理對毛豆凝膠強度及質地之影響。
  - (3)安定劑使用對毛豆凝膠之影響：比較鹿耳菜膠、刺槐豆膠、三仙膠、果膠等添加，對毛豆凝膠品質之影響；並尋求其最適添加比例。
  - (4)凝固劑種類及毛豆最適凝膠濃度之探討：比較鈣鹽及 Glucon- $\delta$ -lactone 對不同方法毛豆抽出液之凝膠影響。
- 5.一般分析
  - (1)可溶性固形物：以電子式屈折計測出，室溫 25°C 為標準校正。

- (2)色澤：以色差計(Color and Color Difference Meter, ND-1001 DP 型)測定，以 L, a, b 值讀出。L 值表亮度，100 時為全白，0 為全黑；a 值為+表示紅色，-表示綠色；b 值為+表示黃色，-表示藍色。
- (3)質地測定：採用 SUN CO. LTD. 物性測定儀進行測定。
- (4)pH 值：以 RADIOMETER PHM220 測定。

## 結果與討論

### 一、毛豆熱萃處理對萃取液品質之影響

新鮮毛豆仁分別添加 1、2、3 倍去離子水及不同比例碳酸鈉，再利用真空乳化機以 3000rpm 打碎混合，進行 80°C 不同時間熱萃處理，其結果如下：表 1、表 2、表 3 分別為毛豆 2、3、4 倍稀釋熱萃品質之比較，其汁液 pH 值隨碳酸鈉添加比例增加而上升，當碳酸鈉濃度達 0.2% 以上時，其汁液之 pH 亦高達至 8.0 以上，惟此時亦有鹼味產生，故利用碳酸鈉改善毛豆熱萃色澤其濃度應低於 0.15%。至於加鹼熱萃及熱萃時間對毛豆熱萃液色澤之影響則可由圖 1、圖 3、圖 5 得知。圖 1 為不同熱萃處理對毛豆 2 倍稀釋液熱萃色澤影響。當碳酸鈉濃度固定時，其 -a/b 值(可表毛豆汁液綠色度)隨熱萃時間微幅下降，表示加熱時間愈長其綠色色澤愈蛻退。而 3 倍及 4 倍毛豆稀釋熱萃者亦有相同趨勢(圖 3 及圖 5)。然當熱萃時間固定時，其 -a/b 值隨碳酸鈉添加濃度增加而上升，惟其效果不似 3 倍及 4 倍稀釋者明顯，可能導因於萃取水不足，從圖 3 及圖 5 可見當萃取時間高於 5 分鐘後，其萃取液色澤受碳酸鈉濃度之影響更加明顯，即高碳酸鈉濃度可有效防止毛豆綠色色澤蛻變。有關熱萃處理對毛豆萃取可溶性固形物之影響，則可由圖 2、圖 4 及圖 6 中得知(分別為毛豆 2 倍、3 倍及 4 倍稀釋者)。圖 2 顯示當熱萃時間固定時，其可溶性固形物隨碳酸鈉濃度增加而上升，表示碳酸鈉添加除對色澤有改善作用外，亦可促進毛豆可溶性固形物之抽出。圖 4 及圖 6 亦有相同趨勢。但當碳酸鈉濃度固定時，於圖 2 中則看不出延長熱萃時間有促進熱萃效果情形，可能亦與其萃取水溶劑不足及加熱時水不均勻蒸發有關。熱萃時間對毛豆熱萃效果於 3 倍稀釋者(圖 4)較明顯，圖中顯示同濃度碳酸鈉毛豆汁液其可溶性固形物隨熱萃時間增加而增加，當加熱時間高於 5-8 分鐘後則呈持平狀況。綜合上述結果，再經考慮毛豆萃取液可溶性固形物含量、翠綠色澤維持、鹼味有無及其萃取效果後，可得以下結論為：毛豆以添加 0.15% 碳酸鈉經 3 倍稀釋後，進行 5-8 分鐘熱萃可得較佳之萃取品質。

表 1.不同碳酸鈉濃度及熱萃時間萃取毛豆二倍稀釋液之品質比較

Table 1. Comparison of the qualities among extracting solution of 2 times dilution vegetable soybean with different concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and extracting time during extraction.

Conc. Of $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (%)	Time of Extract(min)	pH	Sol. Solid (%)	Color		
				L	a	b
0	0	6.38	6.6	-	-	-
	3	6.47	6.9	68.3	-11.1	24.3
	5	6.44	5.5	66.4	-11.0	24.0
	8	6.49	6.7	65.8	-11.2	24.3
	11	6.17	5.8	67.1	-9.4	22.5
0.05	0	6.76	7.1	-	-	-
	3	6.94	7.3	65.2	-12.1	24.8
	5	6.88	7.0	65.3	-11.3	24.0
	8	6.90	7.8	65.3	-12.1	24.6
	11	6.59	6.4	67.0	-11.5	24.8
0.1	0	7.18	7.2	-	-	-
	3	7.26	7.4	66.0	-13.0	24.8
	5	7.33	7.9	65.6	-11.5	24.6
	8	7.24	8.2	65.1	-12.6	25.1
	11	7.06	6.6	66.5	-11.8	24.5
0.15	0	7.56	7.8	-	-	-
	3	7.58	7.8	64.2	-12.9	25.0
	5	7.69	7.7	65.4	-11.6	24.8
	8	7.54	8.8	65.5	-13.0	25.1
	11	7.15	7.4	67.7	-12.4	25.0
0.20	0	8.11	8.0	-	-	-
	3	8.03	8.1	64.9	-13.2	24.5
	5	7.95	7.2	65.8	-12.0	25.1
	8	7.86	9.1	65.1	-13.1	25.2
	11	7.63	8.3	65.6	-12.5	24.7
0.25	0	8.57	8.2	-	-	-
	3	8.35	8.5	64.1	-13.4	24.8
	5	8.23	8.2	64.2	-11.4	24.8
	8	8.25	10.1	63.7	-13.0	24.7
	11	8.17	8.9	66.5	-13.0	24.8

表 2. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間萃取毛豆三倍稀釋液之品質比較

Table 2. Comparison of the qualities among extracting solution of 3 times dilution vegetable soybean with different concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and extracting time during extraction.

Conc. Of $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (%)	Time of Extract(min)	pH	Sol. Solid (%)	Color		
				L	a	b
0	0	5.56	3.1	-	-	-
	3	5.64	3.2	64.9	-8.7	20.1
	5	5.68	4.0	67.2	-9.2	21.6
	8	5.66	3.9	66.1	-8.2	20.6
	11	5.68	4.4	64.0	-8.4	21.7
0.05	0	6.21	3.2	-	-	-
	3	6.26	3.7	62.8	-9.1	19.5
	5	6.48	6.0	65.9	-10.1	22.7
	8	6.48	7.8	65.0	-8.7	21.6
	11	6.48	6.2	65.3	-8.7	18.6
0.1	0	6.76	3.3	-	-	-
	3	6.93	4.8	63.5	-9.9	19.5
	5	6.83	5.6	64.8	-10.4	22.2
	8	6.91	4.6	66.5	-9.8	21.4
	11	7.04	7.3	67.1	-10.1	22.7
0.15	0	7.50	3.6	-	-	-
	3	7.32	4.2	62.3	-9.7	20.9
	5	7.23	5.9	64.1	-10.5	22.8
	8	7.40	5.3	63.6	-10.3	22.1
	11	7.78	6.4	64.1	-8.9	21.7
0.20	0	8.11	3.8	-	-	-
	3	7.78	4.4	60.0	-9.2	19.2
	5	7.75	5.9	64.6	-10.4	21.7
	8	7.69	5.9	65.9	-9.9	22.6
	11	7.70	6.6	65.7	-9.8	22.0
0.25	0	8.36	3.9	-	-	-
	3	8.05	4.6	60.1	-9.0	20.1
	5	8.04	5.7	63.7	-9.5	22.7
	8	8.06	6.3	64.5	-9.2	22.7
	11	7.92	6.5	64.1	-9.6	23.0

表 3. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間萃取毛豆四倍稀釋液之品質比較

Table 3. Comparison of the qualities among extracting solution of 4 times dilution vegetable soybean with different concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and extracting time during extraction.

Conc. Of $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (%)	Time of Extract(min)	pH	Sol. Solid (%)	Color		
				L	a	b
0	0	5.79	2.9	-	-	-
	3	5.76	3.1	65.4	-8.8	18.7
	5	5.69	3.4	63.8	-9.1	18.5
	8	5.77	2.4	62.9	-7.5	17.4
	11	5.67	2.6	65.4	-8.3	18.5
0.05	0	6.62	3.3	-	-	-
	3	6.55	3.5	65.1	-10.0	20.4
	5	6.57	3.7	64.6	-10.3	20.2
	8	6.62	3.0	66.0	-9.6	17.8
	11	6.58	3.8	66.4	-8.4	20.8
0.1	0	7.32	3.3	-	-	-
	3	7.06	3.7	64.9	-10.2	20.1
	5	7.12	4.0	64.2	-10.6	21.3
	8	7.16	3.8	68.0	-10.4	21.1
	11	6.91	4.0	64.2	-9.5	20.5
0.15	0	8.19	3.3	-	-	-
	3	7.78	4.1	64.4	-10.0	20.2
	5	7.68	4.3	60.9	-9.5	19.4
	8	7.73	4.0	64.5	-9.6	18.7
	11	7.70	4.2	64.6	-9.6	20.6
0.20	0	8.57	3.6	-	-	-
	3	8.15	4.5	61.4	-9.2	18.9
	5	8.09	4.4	64.6	-10.4	22.0
	8	8.09	4.4	64.3	-9.8	19.9
	11	8.08	4.3	63.0	-9.5	20.6
0.25	0	8.80	3.9	-	-	-
	3	8.30	4.8	63.4	-9.4	21.5
	5	8.28	4.6	65.1	-10.0	21.5
	8	8.27	4.6	63.6	-10.2	20.8
	11	8.24	4.3	63.4	-9.4	21.4

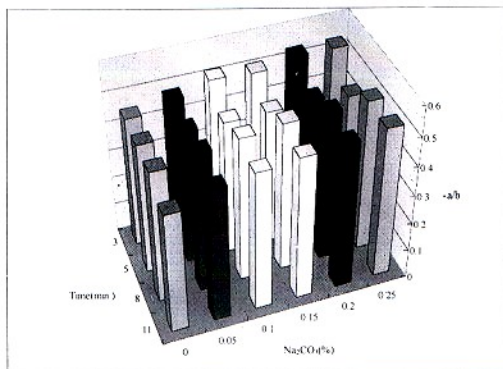


圖 1. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆二倍稀釋液萃取色澤之影響

Fig. 1. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the color index of 2 times dilution extracting solution of vegetable soybean.

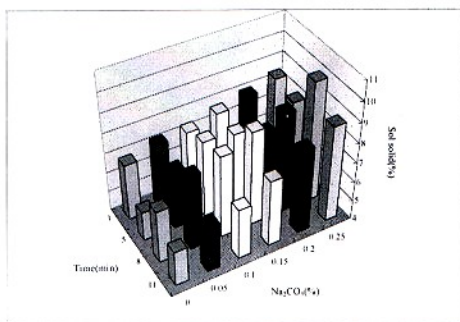


圖 2. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆二倍稀釋液可溶性固形物萃取影響

Fig. 2. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the soluble solid contain of 2 times dilution extracting solution of vegetable soybean.



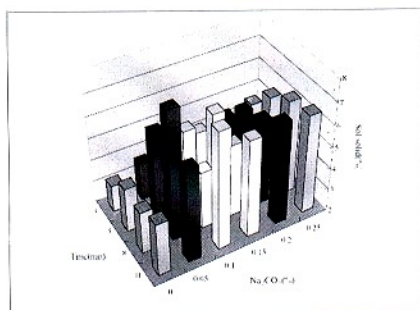


圖 3. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆三倍稀釋液萃取色澤之影響

Fig. 3. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the color index of 3 times dilution extracting solution of vegetable soybean.

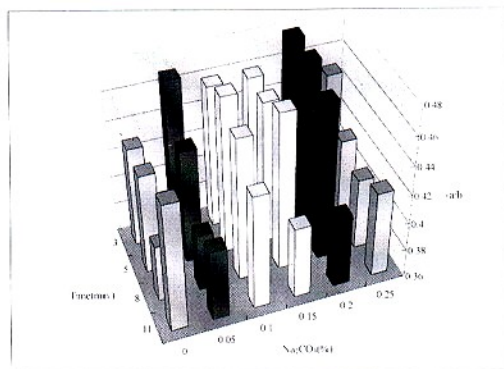


圖 4. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆三倍稀釋可溶性固形物萃取影響

Fig. 4. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the soluble solid content of 3 times dilution extracting solution of vegetable soybean.



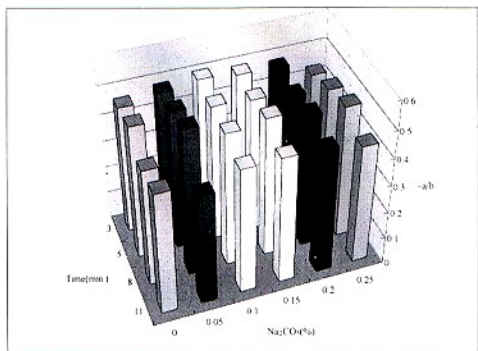


圖 5. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆四倍稀釋液萃取色澤之影響

Fig. 5. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the color index of 4 times dilution extracting solution of vegetable soybean.

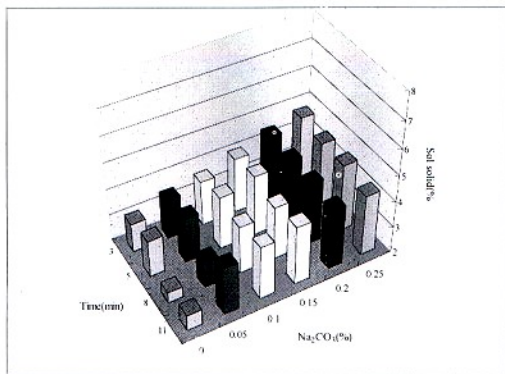


圖 6. 不同碳酸鈉濃度及熱萃時間對毛豆四倍稀釋液可溶性固形物萃取影響

Fig. 6. Effect of the extracting time and the concentration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  on the soluble solid contain of 4 times dilution extracting solution of vegetable soybean.

## 二、毛豆布丁品質分析

本試驗先以新鮮毛豆仁為素材進行毛豆布丁製作條件之探討。其方法為新鮮毛豆仁加去離子水稀釋成3倍，再添加0.15%碳酸鈉及0.05%TSPP，以真空乳化機3000rpm打碎10分鐘，再經熱萃8分鐘及榨汁後，以200mesh篩網振動過濾，取濾液進行毛豆布丁加工試驗，毛豆萃取液添加量佔總配方(1500克)之30%。在膠體選擇方面則以鹿角菜膠(K-carrageen)、三仙膠(xanthan gum)及刺槐豆膠(locus bean gum)三種膠體進行凝膠。結果如表4所示：單獨以鹿角菜膠(K-carrageen)進行凝膠時，其凝膠強度以添加7.5克者最高，添加量越少其凝膠強度越低(在進行凝膠時需添加凝固劑，本試驗是以KCl添加，其用量為0.2%，添加量高於0.4%會有喉癢感覺)，惟組織口感僅為脆的感覺，並無彈性及滑細口感，因此改採膠體調配方式為之。其中鹿角菜膠(K-carrageen)與三仙膠(xanthan gum)混合凝膠強度除1.5克：1.5克者無法形成完善凝膠外，其餘均有12~13g凝膠強度，其膠體口感略具黏彈性，但仍無法達到市售布丁相同之組織品質。故本試驗亦嘗試添加太白粉及雞蛋全蛋企圖改善其黏彈性但效果不大，是否為毛豆影響或膠體使用種類影響，仍待進一步試驗。至於鹿角菜膠(K-carrageen)與刺槐豆膠(locus bean gum)混合凝膠者，其凝膠情形普遍不佳。有關毛豆布丁膠體使用對其產品色澤影響其結果如下：單獨以鹿角菜膠(K-carrageen)進行凝膠時，其使用量越多其亮度(L值)越低，綠色度越高(-a/b)；而以鹿角菜膠(K-carrageen)混合三仙膠(xanthan gum)者，在3.0克：3.0克用量無論亮度(L值)或綠色度(-a/b)皆屬可接受範圍。另在風味圓潤試驗方面結果則如圖7所示：以3克鹿角菜膠(K-carrageen)混合1.5三仙膠(xanthan gum)製作布丁時，奶粉添加比例對其組織之影響不大，在口感上則以添加70克者較佳。總言之毛豆布丁製作在本試驗中是以3克鹿角菜膠(K-carrageen)混合3克三仙膠(xanthan gum)進行凝膠之產品色澤及組織口感較佳，而奶粉添加量則以70克為宜，既無牛奶味太濃問題，又可適時展現毛豆風味及緩和豆腥味效果。

表4.不同膠體製作毛豆布丁品質比較

Table 4. Comparison the qualities of vegetable soybean pudding with different gum added.

Gum spp	Mix Ratio (g:g)	hardness (g)	Color			-a/b
			L	A	b	
Ca	7.5	58	82.85	-9.50	22.15	0.43
	6.0	38	86.05	-7.65	21.1	0.36
	4.5	29	94.80	-7.85	23.1	0.34
	3.0	18	96.2	-5.45	22.2	0.24
Ca + Xa	3.5:3.5	12	96.74	-6.24	22.80	0.27
	3.0:3.0	13	92.7	-10.5	23.7	0.44
	2.25:2.25	13	93.7	-8.8	23.13	0.38
	1.5:1.5	-	83.6	-6.95	17.15	0.41
Ca + Lo	3.5:3.5	4	90.4	-6.90	19.1	0.36
	3.0:3.0	-	-	-	-	-
	2.25:2.25	-	-	-	-	-
	1.5:1.5	-	-	-	-	-

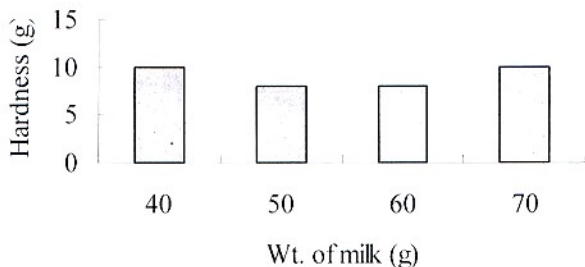


圖 7. 奶粉添加量對毛豆布丁組織影響

Fig. 7. Effect of the amount of milk power added on the texture of vegetable soybean pudding

### 三、毛豆豆花及毛豆腐加工條件釐定

#### (一)以傳統方式製作毛豆豆花

由於本場物性測定儀無法偵測低硬度組織，故於毛豆腐及毛豆豆花品質判定皆採官能性判斷。傳統豆花係以大豆萃取液添加約 0.4%CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 及 0.5% 太白粉製作，當大豆漿濃度達 4.5 Brix 即可產生豆花組織(圖 8)，但利用純毛豆汁進行毛豆豆花製作時，即使濃度高達 8.0 Brix 亦無法形成豆花組織。究其成因當與毛豆蛋白與大豆蛋白不同或其所含之熱凝膠蛋白不足所致。故本試驗乃改採添加部份大豆漿進行毛豆豆花凝膠，惟當毛豆萃取液中之大豆漿濃度達 4.5 Brix、5.5 Brix 時其所形成之豆花組織仍不及同濃度純大豆漿所製成之組織(圖 9)，是否為毛豆所含物質阻礙凝膠仍有待探討。



圖 8. 大豆漿濃度對豆花凝膠之影響

Fig. 8. Effect of the concentration of soy bean-extract on the strength of soy bean curd.



圖 9. 毛豆豆花及純大豆豆花品質比較

Fig. 9. Comparison of the qualities between vegetable soy bean curd and soy bean curd.

#### (二)以傳統方式製作毛豆腐

本試驗首先以不同濃度大豆漿添加 0.6%CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 測試豆腐凝膠強度結果如圖 10 所示，當大豆漿濃度達 10 Brix 即有豆腐組織形成，其凝膠強度隨豆漿濃

度增加而增加。惟當利用純毛豆萃取液進行毛豆豆腐製作時，即使濃度高達 14 Brix(利用薄膜濃縮)亦無法形成豆腐組織；若於毛豆液中添加大豆漿再以 2% 太白粉當作填充物進形凝膠結果如圖 11，當毛豆液中之大豆漿濃度達 5.0 Brix 後，皆有凝膠產生，但口感有如漿糊一般，並無豆腐應有之組織口感。由試驗得知無法以傳統方式製造毛豆豆腐。



圖 10. 豆漿濃度對豆腐凝膠之影響  
Fig.10. Effect of the concentration of soy bean-extract on the strength of soy bean tofu.



圖 11. 大豆汁添加濃度對以傳統加工方式製作毛豆豆腐品質之影響  
Fig.11. Effect of the adding concentration of soy bean-extract on the qualities of vegetable soy bean tofu by traditional processing.

### (三) 食用膠添加對毛豆凝膠組織之改善效果

由於傳統豆花及豆腐加工技術無法應用於毛豆豆花、豆腐產品製造，故本試驗採添加食用膠方式進行毛豆凝膠產品組織改善。關於食用膠應用於蛋白凝膠或乳化特性改善之相關文獻相當多，例如林等 1999 曾進行海藻酸鈉、鹿角菜膠與肌原纖維蛋白在加熱乳化交互作用研究<sup>(3)</sup>，另外 Bernal et al 1987 也曾探討食用膠鈣鹽對肌原纖維蛋白凝膠反應之研究<sup>(10)</sup>，雖然鹿角菜膠對肌原纖維蛋白之凝膠助益不大，但根據蔡等 1990 研究顯示鹿角菜膠對大豆蛋白卻具有促進膠體彈性及強度等效果，而三仙膠(xanthan gum)則有增加其動黏度之影響<sup>(7)</sup>，且有增加其溶解度及乳化能力的影響<sup>(16)</sup>。因此本試驗嘗試利用鹿角菜膠(K-carrageen)及三仙膠(xanthan gum)用以改善毛豆豆花及豆腐凝膠組織之相關探討。

在凝膠凝固劑選擇方面，本試驗將毛豆萃取液中之大豆漿濃度調整至 5 Brix 加入 0.1% 鹿角菜膠(K-carrageen)後，再分別以三種添加物( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、KCl、太白粉)作五種處理，結果如圖 12 所示：五種凝固劑添加處理皆能形成凝膠，其中又以添加 0.6%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  混合 0.2% KCl 處理者凝膠最佳，惟有咬舌口感。單獨使用 0.6%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  者凝膠強度居次，口感亦略遜完全無凝固劑處理者。至於太白粉使用不僅降低凝膠強度，且使口感呈現綿綿感覺，因此後續試驗皆採  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  當作凝固劑使用(本試驗亦曾使用葡萄糖酸內酯(Gluco- $\delta$ -lacton)當作凝固劑，惟因其系利用加熱緩慢產酸原理促使蛋白變性凝膠，所生成之酸不但會使毛豆綠色退黃更與毛豆熱萃液中之碳酸鈉反應導致加熱後氣泡產生( $\text{CO}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$ )產品呈現多孔性，故不適用)。至於  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  使用濃度則可由石灰濃度對純毛豆原液凝膠試驗中得知。圖 13 中顯示當以純毛豆熱萃原液進行凝膠時，其



膠體強度隨  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  添加量增加而增加，綠色度則微幅下降，且當  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  濃度達 0.4% 後會有少許苦味產生。至於純毛豆汁濃度對凝膠影響則見於圖 14，利用純毛豆汁凝膠時其濃度至少需達 5.5° Brix 方可成型。圖 13、14 所傳達之訊息為：純毛豆汁在添加 0.1% 鹿角菜膠(K-carrageen)進行凝膠時，其膠體強度隨本身濃度及凝固劑濃度增加而增加，可能與毛豆蛋白、食用膠及鈣離子三者間重新分配所形成之離子鍵、氫鍵有關。然整體而言單獨利用純毛豆汁所形成之膠體，其組織仍不及豆腐應有之強度，故重新考慮添加部份大豆漿促進膠體強度，圖 15 分別為含不同濃度大豆汁濃度之毛豆萃取液針對有無添加  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  之凝膠比較。結果顯示未使用凝固劑者其大豆汁濃度至少需達 5.0° Brix 方可成形(圖 15(A))，此時組織可當作毛豆豆花)。而添加 0.6%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  處理者(圖 15(B))凝膠強度會隨所含大豆汁濃度增加而增加，綠色度則因稀釋效應而下降。當進一步提高鹿角菜膠(K-carrageen)用量及大豆漿濃度時，其所形成之凝膠已然接近市售嫩豆腐組織(圖 16)，其中值得注意的是當使用相同濃度之純大豆汁(不含毛豆汁)進行凝膠時，其最適凝膠所需之  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  濃度為 0.2%，當濃度達 0.3% 膠體離水增加，濃度增至 0.4% 時更有組織崩潰現象產生。其結果大異毛豆大豆混合液之凝膠情形—隨  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  使用濃度增加凝膠強度增加。由此推論毛豆大豆/鹿角菜膠/鈣鹽加熱凝膠系統裡毛豆蛋白亦扮演著重要角色，有關鍵結及參與成份仍待進一步探討。



圖 12. 添加劑種類對毛豆凝膠比較  
Fig.12. Comparison of the qualities among gel of vegetable soy bean with different additives and 0.1% carrageen.



圖 13.  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  濃度對純毛豆汁凝膠影響  
Fig.13. Effect of the  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  concentration on the strength of gel made from pure vegetable soy bean-extract with 0.1% carrageen.

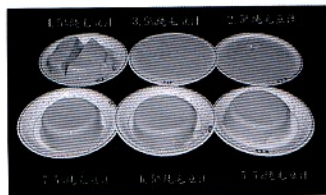


圖 14. 純毛豆汁濃度對凝膠影響  
Fig.14. Effect of the concentration of vegetable soy bean-extract on the strength of gels made from pure vegetable soy bean-extract with 0.1% carrageen.

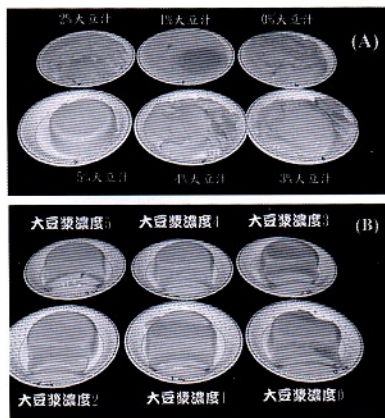


圖 15.毛豆萃取液中所含大豆汁濃度對凝膠之影響  
 Fig.15.Effect of the concentration of soy bean-extract in vegetable soy bean-extract solution on the strength of gel without(A),and with 0.6%  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (B) contained 0.1% carrageen.

本研究為再加強毛豆凝膠強度，除使用鹿角菜膠(K-carrageen)外並添加 0.1% 三仙膠(xanthan gum)進行組織改善，其結果如圖 17 所示，其凝膠強度亦隨  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  使用濃度增加而增加，且組織已然超超市售嫩豆腐及火鍋豆腐組織。將之倒置淺盤於  $5^\circ\text{C}$  冷藏 2~3 天仍無離水現象(一般市售豆腐倒置淺盤約 1/2 小時即產生離水)，可能與添加三仙膠(xanthan gum)增加大豆蛋白乳化能力及溶解度有關<sup>(16)</sup>。



圖 17.三仙膠添加對毛豆凝膠品質之影響  
 Fig.17.Effect of xanthan gum on the strength of gel made from the mixture of vegetable soy bean and soy bean-extract with various% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and 0.2% carrageen .



圖 16.純大豆汁及混合毛豆汁凝膠品質比較  
 Fig.16.Comparison of the qualities between gel made from pure soy bean-extract and the mixture of vegetable soy bean and soy bean-extract with various %  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and 0.2% carrageen.

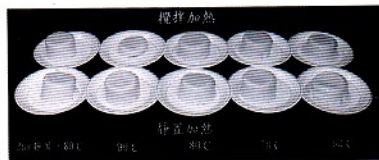


圖 18.加熱溫度及攪拌對毛豆凝膠品質之影響  
 Fig.18.Effect of the temperature of gelation with or without stirring on the strength of gel made from the mixture of vegetable soy bean and soy bean-extract

傳統豆腐製作時其凝固劑使用方式係將大豆汁先加熱至 75-80°C 後快速沖入預先潤濕石灰水中，並快速攪拌 3-5 秒後，靜置冷卻或保溫 30 分鐘，使得組織細膩之豆腐成品<sup>18)</sup>，惟其操作技術須相當純熟且不易使用於大量工業生產(目前大型豆腐製造工廠大都以葡萄糖酸內酯(Gluco- $\delta$ -lacton)當作凝固劑，取其方便操作)。本研究為達商業生產目的亦嘗試將凝固劑(CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)預先與毛豆液各配方於低溫下混合、乳化後，再比較其加熱後凝膠品質，結果如圖 18。其凝膠強度隨加熱溫度增加而增加，於加熱前靜置 2 小時對其凝膠並無影響，而在加熱時施於攪拌反而有助於凝膠強度，惟因會包埋小氣泡值得留意。在靜置加熱溫度達 90°C 時雖然凝膠強度最佳，但因會產生區域性透明凝膠，故加熱溫度仍以 70-80°C 為宜。高溫加熱透明區域之產生可能與食用膠在高溫凝膠時，同分子間結合排擠大豆及毛豆蛋白有關。另者鈣鹽於此凝膠系統所扮演迥異於傳統豆腐製造亦屬有趣現象，值得進一步探討。

## 誌 謝

本研究承蒙農委會提供經費補助(88 科技-3.2-糧-01)，特此致謝。試驗期間復得大仁藥專實習生嚴佳冠及林琦媛二位同學與本場林忠毅先生協助試驗，一併誌謝。

## 參 考 文 獻

1. 江國賓、區少梅 (1991) 毛豆脂化酵素之純化與特性 II 毛豆氧化酵素兩異構酵素之特性，食品科學 18(1):71-84。
2. 邱健人 (1990) 食品添加物(一)磷酸鹽，復文書局。
3. 林國維，Jimmy, T. K. (1999) 加熱乳化模式中海藻酸鈉、鹿角菜膠與肌原纖維蛋白質之交互作用，食品科學 26(4): 423-430。
4. 陳庚鳳 (1990) 大豆 台灣農家要覽 上冊，pp.101-110，豐年社。
5. 陳庚鳳 (1993) 毛豆莢果特性之研究，國立中興大學農藝學研究所博士論文。
6. 鄒麓生、洪端良 (1991) 近紅外線分光術定量毛豆之一般成份，中國農業化學會誌 29(1):26-32。
7. 蔡震壽、孫寶年、譚永慧 (1990) 安定劑對大豆蛋白 乳化物之動黏彈性的影響，食品科學 17(4):253-259。
8. 續光清 (1985) 豆類加工食品-豆腐類，食品工業 pp.130-140，徐氏基金會。
9. 五明紀春 (1997) 毛豆的效用，日本經濟新聞(夕刊) 12 月 15 日。
10. Bernal, V. M., Smith, J. L., and Stanley, D. W. (1987) Interactions in protein/polysaccharide/ calcium gels. J. Food Sci., 52:1121-1136.
11. Bruce, G., Srinivasan, D., and John, J. K. (1982) Thermal dissociation and association behavior of soy protein. J. Agric. Food Chem. 30:807-811



12. Catsimpoolas, N., and Meyer, E.W. (1971) Gelation phenomena of soybean Globulin. II .protein-water miscible solvent interactions. *Cereal Chem.*48:150-158.
13. Kazuko, S., Setsuro, M. (1980) Gel formation of soybean 7 S and 11 S. protein *Agric. Biol. Chem.*, 44(3): 637-641.
14. Tomohiko, M., Takashi, N., and Shigeru, U. (1981) Gelation mechanism of soybean 11 S globulin:formation of soluble aggregates as transient intermediates. *J. Food Sci.* 47: 26-30
15. Shigeru, U., and John, E. K. (1985) Forces involved in soy protein gelation:Effect of various reagents on the formation ,hardness and solubility of heat-induced gels made from 7 S ,11 S, and soy isolate. *J. Food Sci.* 50: 1278-1282.
16. Xie, Y.R., and Hettiarachchy, N. S. (1997) Xanthan gum effects on solubility and emulsification properties of soy protein isolate. *J. Food Sci.*. 62:1101-1104.

# Studies on Gelation and Utility of Vegetable Soybean

Y. H. Lee<sup>1</sup> and X. F. Gong<sup>2</sup>

## ABSTRACT

For obtaining a better quality of extracting solution, the fresh vegetable soybean was mixed with 3 times of de-ion water containing 0.15 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , then was broken to thick liquid and extracted at  $80^\circ\text{C}$  for 5~8 minutes. For making better quality of vegetable soybean pudding, 3 grams of carrageen and 3 grams of xanthan gum should be added to the extracting solution, and 70 grams of milk powder was added to improve its flavor and organic functions. For making the vegetable soybean curd and tofu, partly soybean extracting solution should be added, it is not possible to make vegetable soybean curd or tofu, if the vegetable soybean extracting solution is used only. In order to improve the texture of vegetable soybean curd and tofu, carrageen, xanthan gum and 0.2~0.3% $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  can be added.

Key word: Vegetable soybean, Pudding, Vegetable soybean curd, Vegetable soybean tofu

---

<sup>1</sup>Associate Researcher of Kaohsiung District Agricultural Improvement Station.

<sup>2</sup>Lecturer of Department of Food Sanitation, Tajen Junior College of Pharmacy.