

添加物對擠壓半成品烘烤時物化特性之影響

施明智

德育醫護管理專科學校

摘 要

本研究目的在探討高水份下，以擠壓機製成含豆渣玉米配方半成品時，添加物對半成品烘烤後產品物化特性之影響，並藉以推論產品膨發之機制。結果發現，添加蔗糖、食鹽、蛋白粉及乳清蛋白都會使 ΔWAC （烘烤成品之WSC-原料之WSC降低，且蔗糖與食鹽濃度會影響其降低量。添加食鹽會使產品比容增加，而添加蔗糖則會降低膨性。

Effects of Physicochemical Properties Change During Baking the Extruded Semi-product Treated by Different Additives

Ming-Chih Shih

Abstract

The object of this study was to investigate the changes of physicochemical properties during baking the extruded semi-product made from soymilk residue and corn flour mixture and treated by different additives under high moisture conditions. The result show that the ΔWSC (WSC of baked product - WSC of raw material) of semi-product which added sugar, salt, egg white powder or whey protein were lower than control group, and the higher concentrations of sugar or salt added, the lower the ΔWSC was. The salt added would be increased the specific volume, but the sugar added would be decreased the expanded properties.

前 言

影響食品膨發之因素包括：(1).原料之特性：包括原料黏度、膨潤度(swelling power)、彈性率，連續黏度圖(amylograph)之最高黏度(peak viscosity)，(2).原料的調製條件：包括加水量、調製溫度，(3).加熱條件與方法：加溫度增加，則膨發率增加；但超過最適溫度後，反而效果不佳，(4).蛋白質的添加：添加蛋白質會降低產品的膨發率⁽¹⁾，(5).油脂的存在，有助於成品之膨發⁽²⁾，(6).鹽、糖的添加：不論是澱粉質原料，米或玉米、鹽、糖的添加皆可增加成品之體積^(1,3,4)。

許多的文獻報告都提到食鹽有助於膨發，如 Murugesan 及 Bhattacharya⁽⁵⁾ 及 Chinnaswany 及 Bhattacharya⁽³⁾，將米浸入食鹽水中，發現有助於稻穀(Paddy) 及蒸穀米(parboiled rice)的膨發性；Hsieh 等^(6,7)將玉米粒浸於 2%食鹽水中，發現有助於爆玉米花及擠壓產品之膨發性。Lin 及 Anatheswaran⁽⁴⁾亦有相似之結果。但提到鹽對膨發影響的機制者，僅 Hsieh⁽⁷⁾提到鹽可能提高熱傳及促進水的揮發，故可促進膨發。

至於蔗糖的添加對烘烤成品體積之影響有正面亦有負面的報告。Hsieh 等⁽⁶⁾發現蔗糖的添加有助擠壓產品之膨發，但其後之報告⁽⁷⁾卻發現糖無助於利用膨發器製造膨發發玉米的體積，甚至，Mizukokshi 等⁽⁸⁾發現添加糖時，反而蛋糕的體積減少。

食品擠壓技術是以壓力、熱及機械剪力(mechanical shearing)三種作用之組合將濕潤後之澱粉及(或)蛋白質物質蒸煮、塑化之程序⁽⁹⁾。

傳統食品擠壓技術多應用於膨發性產品之探討，近年來由於雙軸擠壓幾可輸送含高油脂、高水份、高糖份及黏滯性強的物質，故利用性更加擴大。然而，探討物料在高水份系下進行擠壓的報告不多，且多以蛋白質原料為主之擠壓產品⁽¹⁰⁻¹²⁾，而以澱粉質原料為主之擠壓產品的報告更少，較完整之報告有 Meuser 及 Wiedmann⁽¹³⁾的濕狀半成品(pellet)之製造流程，其他則有以米⁽¹⁴⁾、薏仁⁽¹⁵⁾及玉米粉混合物⁽¹⁶⁾為原料製成成品之報告。

以擠壓機製造出之擠壓半成品，經乾燥後，具有耐儲存之特性，且可再次加工(油炸、烘烤)成最終產品。此最終產品多具有膨發性，一般食品經膨發後的好處為可產品呈多樣化的性質，並增加產品的脆度，而增進消費者之食慾及產品的吸引力。另外，膨發亦可造成食品的產生空泡，而有助於復水。本研究目的在探討高水份下，以擠壓擠壓機製成含豆渣玉米配方半成品時，不同添加物對半成品烘烤後物化特性之影響，並藉以推論產品膨發之機制。

材料與方法

一. 實驗材料

玉米粉係採用經精選磨粉之美國黃玉米(*Z. mays*) (購自六豐行)，經磨製成通過 80mesh (Tyler 標準篩)之粉狀物。豆渣係將精選黃豆(*G. max*) (購自福壽公司)浸漬過夜後，以黃豆重 9 倍量的冷水，利用磨漿機(堅信公司，台製)磨漿後，以複式分離機(順億公司，台製)製得豆渣。米穀粉是使用台農 67 號之梗米(1989 年第二期作新米)，以磨粉機磨至過 100mesh 的粉粒狀原料。玉米粉、豆渣及米穀粉之一般組成含量如表 1 所示。以玉米粉：豆渣：米穀粉乾重比=81.8：10：8.2 之比例混合，並調水至 35%成為基本配方。

表 1.原料豆渣、米穀粉、玉米粉及各種蛋白質強化物之一般成分及 WSI,WSC 值

Table 1. Proximate compositions ,WSI and WSC of soybean residue, rice flour , corn flour and different protein enriched sources.*

Sample	Crude		Crude	Crude	Ash (%db)	NFE*** (%db)	WSI (%)	WSC (%)
	Moisture (%wb)**	protein (%db)	fat (%db)	fiber (%db)				
Soybean residue	80.0	20.9	10.9	13.6	4.2	50.4	---#	---
Rice flour	10.0	7.6	0.3	0.5	0.4	91.2	---	---
Corn flour	13.0	11.9	2.2	1.2	0.8	93.9	---	---
Basic formula ##	33.5	12.4	2.9	2.4	1.1	81.2	---	---
Whey conc.	4.0	81.8	7.0	---	3.0	8.2	98.2	2.5
Egg white powder	6.9	72.5	---	---	2.9	24.6	84.0	12.4
Na caseinate	3.2	95.4	0.7	---	3.6	0.3	88.2	0.4
SPI	6.0	90.0	1.0	---	4.5	4.5	27.73	1.7

*Each sample was analyzed with duplication.

**The percentage of moisture is based on a wet basis (wb)and others are based on a dry basis(db).

***nitrogen free extract(NFE)=100 -crude fat -crude protein -crude fiber -ash

#Not determined.

##Basic formula: Corn flour :Soybean residue: Rice flour =81.8 : 10 : 8.2

酪酸鈉(sodium caseinate ,Alanate 180)及濃縮乳清蛋白(whey protein concentration ,Alacen 472)來自台亞公司；分離大豆蛋白(Supro620)為 Protein Techno-logic International 出品；蛋白粉購自勤億公司。

二.實驗設計

1.烘烤條件之決定試驗

本實驗流程如圖 1 所示,所使用之擠壓機為同向共旋轉雙螺旋擠壓機(Cletral BC-45 ,法國製),螺旋配置參考施與江⁽¹⁶⁾。將基本配方以進料速率 440g/min ,螺旋轉速 150 rpm ,套筒溫度,第一節為室溫,第二節 90 °C (簡寫為 BT2) ,第三節 130 °C (簡寫為 BT3) ,第四節則予以冷卻至 40 °C 左右的擠壓條件進行擠壓試驗⁽¹⁶⁾。所製得之擠壓產物經放置隔夜後以壓片機(橋聲電機,台北)壓成約 1.5mm 厚之片狀物,並剪成長約 2.5cm 之條狀物,以傳統式電熱烤箱(中和電機,台北)進行烘烤。分別以不同底火溫度(120 , 140 , 150 , 160 , 180 , 200 °C)及不同烘烤時間(2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 分鐘)進行烘烤。所得產品

經將未乾，過白與過於焦黑者去除後，分別測定各產品之水份含量，並做外觀之定性描述。

2. 不同添加物影響實驗之擠壓條件

配方以與前述之相同擠壓條件進行擠壓試驗。所製得之擠壓半成品經冷卻、片、剪短後，以輸送式紅外線烤爐（西點公司，台中）進行烘烤。該烤爐之規格如下：爐內加熱距離總長 190cm，由進爐到出爐的時間為 5 分鐘，共有 9 個火嘴，其位置分別為自進爐算起 9，33，57，90，120，130，146，159 及 179cm 處。各火嘴溫度之設定係以熱電偶量測火嘴中心正上方與食品接觸點的溫度，各火嘴可設定之最低溫為 140℃ 左右，最高溫則在 250℃ 以上。本實驗將各火嘴溫度設定於 140℃，烘烤時間 5 分鐘。

3. 不同添加物影響試驗

於基本配方中分別添加不同濃度蔗糖（5%，15%），食鹽（0.5%，2%），或 5% 的不同蛋白質原料（包括酪酸鈉，濃縮乳清蛋白，分離大豆蛋白（SPI）及蛋白粉），經調整水份至 35% 後，以二-1 節之擠壓條件進行擠壓後，以二-2 節之條件進行烘烤，分別測定原料及烘烤產物之 WSC 與原料 WSC 之差。接著，於基本配方中分別添加不同濃度蔗糖（5%，15%），食鹽（0.5%，2%），5% 乳清蛋白及酪酸鈣 5%，並調整水份至 35% 後，進行擠壓及烘烤以製得烘烤產品。分別測定烘烤產品之比容及擠壓半成品之膨脹力與連續黏度之最高黏度值，並利用 SAS⁽¹⁷⁾ 統計套裝軟體進行相關性分析。

4. 不同添加物之示差掃描熱分析

玉米澱粉為原料，分別添加 5% 或 15% 蔗糖，0.5% 或 2% 食鹽，或 5% 酪酸鈉、濃縮乳清蛋白、分離大豆蛋白或蛋白粉並調整水份至 35%（濕重），同時，以含水份 35% 之玉米澱粉為對照組，稱取 80-120mg 之樣品放入不鏽鋼坩堝中（No.12732）密封，以示差掃描熱分析儀（DSC121, Setaram, 法國製）分析。測試時以 5℃/min 之速度，從 30℃ 加熱至 130℃ 以測定糊化之各項溫度。測試時以空坩堝作為對照組。

三. 產品理化性質之測定

1. 水溶性指標（WSI），吸水性指標（WAI）與水溶性碳水化合物（WSC）

修飾 Anderson 等⁽¹⁸⁾之方法，取磨過 60 網目之樣品 2.5g，以離心方式（4000g，10min）得溶出物，經烘乾後稱重，可計算 WSI 量。其計算方法如下：

$$\text{WSI}(\%) = 100 \times \text{可溶性固形物重}(\text{g}) / \text{樣品乾重}(\text{g})$$

將剩下之膠體稱重，則

$$\text{WAI}(\text{g-gel/g-DM}) = \text{膠體重}(\text{g}) / \text{樣品離心後之乾重}(\text{g})$$

水溶性碳水化合物係參考 Mercier⁽¹⁹⁾ 之方法，取前述懸浮液 10ml，經適當稀釋後，以酚-硫酸法 (phenol-sulfuric acid)⁽²⁰⁾ 定量，並以不同濃度葡萄糖所得之標準曲線換算後，以下式計算：

$$\text{WSC}(\%, \text{DM}) = 100 \times \text{可溶性糖重}(\text{g}) / \text{樣品乾重}(\text{g})$$

2. 比容 (SV)

以油菜籽充填法 (rapeseed method) 測量。將所排出油菜籽重 (油菜籽滿重減去取出樣品後之油菜籽重)，由對照曲線以內插法換算成體積，則

$$\text{SV}(\text{ml/g-DM}) = \text{樣品之體積} / \text{樣品之乾重}$$

每一組實驗測定三次，取平均值。

3. 膨脹力 (SP)

以杉本等⁽²¹⁾ 之方法修飾後測定。取樣品約 1g 置於離心管，加入 35ml 之蒸餾水，於 70 °C 水浴下振盪 30min。取出後以離心機離心 (3000gm, 15min)，將上澄液倒入燒杯中，以酚-硫酸法⁽²⁰⁾ 測定可溶性糖，離心管則稱重以計算沈澱物重，膨脹力之計算方式為：

$$\text{SP}(\text{g-gel/g-DM}) = \text{沈澱物重} / (\text{樣品重} - \text{可溶性糖})$$

4. 連續黏度測定

以 Brabender 連續黏度儀 (Brabender Viscoamylograph E, NO.1129E, Germany) 測定。以乾燥後通過 60mseh 之擠壓半成品 10 克加水成 500ml 之懸浮液為樣品，由 30 °C 開始加熱，以每分鐘上升 1.5 °C 之速率至 95 °C，並於 95 °C 維持 30 分鐘後，以同速降至 30 °C。測試時轉速為 75rpm，使用 350cmg 之 cartridge，黏度值以 Brabender Unit (B.U.) 表示。

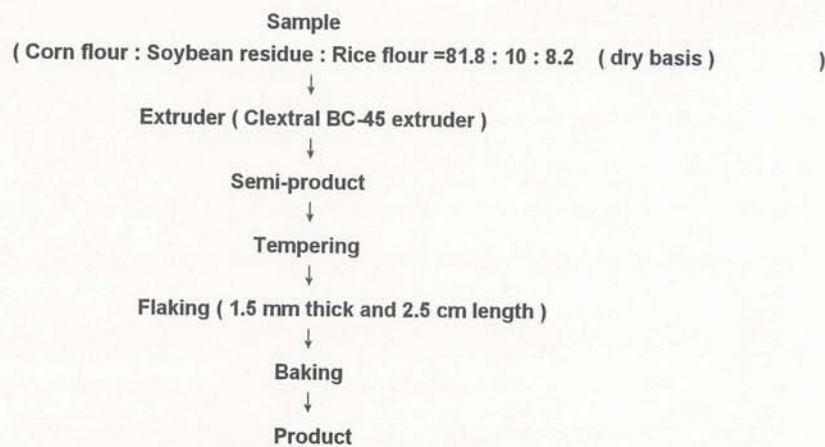


圖 1. 擠壓烘烤產品製作流程圖

Fig.1. Flow sheet of producing extruded baked product.

結果與討論

一.適當烘烤條件之探討

表 2.為以傳統式電熱烤箱在不同溫度及烘烤時間下進行烘烤，經剔除未熟，太濕及焦黑者後試驗之結果。除 120 °C，6 分鐘處理者殘餘水份較高外，其餘四組條件之產品水份及外觀都尚可接受。由於受限於輸送式紅外線烤爐由進爐到出爐要 5 分鐘的時間，故選擇 140 °C，5 分鐘之烘烤條件為爾後烘烤之標準。

二.不同添加物對擠壓烘烤產物物化性質之影響

表 3.為於基本配方中分別添加蔗糖，食鹽或不同蛋白質原料所得原料之 WSC 值與 Δ WSC 值（成品之 WSC-原料之 WSC）。添加蔗糖對擠壓烘烤產物的影響，由表 3 發現，隨著蔗糖濃度的增加，原料的 WSC 亦隨之增加。但 Δ WSC 卻隨著蔗糖的增加而減少，此顯示蔗糖會抑制澱粉的糊化。由示差掃描熱分析（DSC）結果亦可發現， T_o 、 T_p 、 T_c 皆會隨著蔗糖濃度增加而增加。添加食鹽的影響與蔗糖相似，隨著食鹽添加濃度的增加， Δ WSC 亦隨之減少（表 3）。此結果與 Wootton 及 Bamunuarachchi⁽²¹⁾以 DSC 測定糊化溫度時發現，添加食鹽（< 9%）時，可增加 T_p 之結果相似。

至於添加不同蛋白質原料之影響，由表 3 可知，原料中添加蛋白粉及乳清蛋白之 WSC 較高，乃因蛋白粉及乳清蛋白本身之 WSC 相當高的緣故（表 1）。但二組 Δ WSC 皆比對照組低，由 DSC 之結果發現，添加蛋白粉及乳清蛋白會提高澱粉糊化溫度（表 3）使其不易糊化，所以造成 Δ WSC 明顯的降低。其原因可能由蛋白在 65~70 °C 便會變性凝固⁽²²⁾，而乳清蛋白之變性溫度在 80 °C 左右⁽²³⁾，故在擠壓過程中已達其變性溫度，因此澱粉糊的黏性增加，減低了澱粉糊的降解。Peri 等⁽²⁴⁾將牛乳蛋白質加入玉米粉中進行擠壓，亦有隨蛋白質添加量增加，而澱粉糊化程度及 WAI 降低之結果，與本實驗結果相似。

表 2.不同烘烤條件所得烘烤產品之水份、顏色及外觀

Table 2. Moisture content and appearance property of baking products produced by different roasting conditions.

Roasting condition		Properties of product		
Temperature (°C)	Time (min)	moisture (%)	Color	Appearance
120	6	10.6	Brown	Good
140	5	6.5	Brown	Good
150	3	7.8	Brown	Good
160	3	4.8	Brown	Good
180	2	5.4	Brown	Good

表 3. 不同添加物對烘烤成品 WSC 之影響及玉米澱粉加入不同添加物時之熱分析 (DSC) 結果

Table 3. Effect of different ingredients on the WSC of the baked product and differential scanning calorimeter (DSC) analysis of the mixtures of corn starch and various ingredients.

	WSC of raw material(%)	Δ WSC*	Endotherm temp.(°C)		
			To**	Tp	Tc
Basic formula	0.98	2.43	63.22	70.67	80.76
+ 5% Sucrose	4.35	1.41	67.06	73.92	81.18
+15% Sucrose	10.95	0.22	70.84	79.33	88.64
+0.5 %NaCl	1.06	2.35	65.49	73.75	83.22
+ 2%NaCl	1.03	1.57	68.09	75.67	85.13
Protein ingredient(5%)					
Egg white	1.85	1.09	65.17	73.77	86.00
Whey conc.	1.34	2.18	64.51	72.04	83.31
SPI	0.93	1.90	64.53	70.73	79.98
Na caseinate	0.82	2.43	64.05	71.17	81.86

* Δ WSC = WSC of baked product - WSC of raw material

** To: onset temperature

Tp:peak temperature

Tc:conclusion temperature

對添加分離大豆蛋白者， Δ WSC 與對照組相差不多，此乃由於分離大豆蛋白相變化的溫度相當高（水份 29% 時， $mp = 170^\circ\text{C}$ 左右）⁽²⁵⁾，而且亦不影響澱粉的糊化（表 3）。吳⁽²⁶⁾以分離大豆蛋白加入米穀粉中擠壓發現，當進料水份含量大於 16% 時，分離大豆蛋白的添加量並不影響成品之 WAI，此與本實驗結果相似。至於添加

酪酸鈉者， Δ WSC 之結果與分離大豆蛋白相似。

接著選擇添加蔗糖（5% 及 15%），食鹽（0.5% 及 2.0%），5% 乳清蛋白及 5% 酪酸鈉者，分別測定烘烤產品之比容與半成品之膨脹力與最高黏度值（表 4）。由表 4 知，烘烤成品之比容與半成品之膨脹力與最高黏度都有一定的趨勢，及比容愈大時，則膨脹力及最高黏度愈大，但檢定其相關性則發現，比容與最高黏度間有極顯著的正相關（ $r = 0.90$ ）。故未來評估此類產品之膨脹性時，只需測定擠壓半成品之最高黏度值即可預測。

由本實驗中發現，添加食鹽之擠壓半成品的膨脹力及最高黏度都會增加，而此兩指標與澱粉的糊化有關，由表 3 中 DSC 的結果發現，鹽可抑制糊化，而在前節發現，擠壓半成品的糊化程度愈低時，成品的比容愈大，故添加食鹽影響成品比容可能係糊化程度改變之故。

表 4. 不同濃度蔗糖，食鹽，5% 乳清蛋白或 5% 酪酸鈉製得擠壓成品之比容（SV）與半成品之最大黏度（PV）及膨脹力（SP）之比較

Table 4. Specific volume (SV) of the baked products, and peak viscosity (PV) and swelling power (SP) of semi-products extrusion processing under added different salt and sucrose concentrations, 5% whey and 5% sodium caseinate.

Sample	Peak viscosity (BU)	Swelling power (g-gel/g-DM)	SV (ml/g)
Basic formular	71.40 ± 2.19	6.50 ± 0.05	1.39 ± 0.08
+0.5%NaCl	84.35 ± 4.60	6.70 ± 0.09	1.51 ± 0.22
+2%NaCl	94.50 ± 5.21	7.28 ± 0.01	1.87 ± 0.03
+5% sucrose	64.00 ± 5.88	6.26 ± 0.20	1.42 ± 0.09
+15% sucrose	55.65 ± 4.04	6.82 ± 0.03	0.96 ± 0.10
+5% whey	79.00 ± 4.78	7.06 ± 0.01	1.25 ± 0.19
+5% Na caseinate	71.60 ± 3.06	6.41 ± 0.06	1.45 ± 0.22

當添加不同濃度蔗糖時，發現隨蔗糖濃度增加，成品的比容減少（表 4）。其原因可能係因本實驗中擠壓半成品放冷後，此時澱粉已有部份老化，而糖的存在下，老化更快⁽²⁷⁾，且糖可吸收水份，故烘烤時可供應熱蒸汽的熱量減少，故膨脹性降低。

四. 擠壓半成品片狀物烘焙時膨脹機制之探討

歸納實驗結果發現，擠壓半成品片狀物烘焙時之膨脹主要受片狀物的糊化程度影

響。

造成片狀物膨發係烘焙過程中，澱粉糊化使片狀物組織黏彈性降低，同時內部溫度的增加使間隙增加。當片狀物內部溫度達 100 °C 以上時，由於瞬間產生過熱蒸汽，且此時組織黏彈性差，因而造成產品的膨發。

至於片狀物糊化程度的影響，發現糊化程度低者，反而膨發性佳。

其原因為當片狀物糊化程度高時，表面較粗造、多孔，故無法包容所產生的過熱蒸汽，另一方面，片狀物原有的黏彈性過大，反而阻礙膨發。而片狀物糊化程度低時，表面較密實，可包容所產生的過熱蒸汽，同時，片狀物在烘焙過程，澱粉逐漸糊化，此時黏度增加，反而更可包住所產生的過熱蒸汽，故膨發性佳。而在諸多反應糊化過程的指標中，又以連續黏度途中的最高黏度值與產品之膨發性相關性最佳，故可作為評斷最終產品膨發性的指標。

至於食鹽與這糖的添加對膨發性的影響，則有不同的機制。食鹽可抑制糊化，使擠壓半成品的糊化程度降低，同時，添加食鹽可提高半成品中的氣泡含量，故使成品的比容增大。

蔗糖的添加亦可抑制糊化，使擠壓半成品的糊化程度降低，但糖的存在下，老化更快，於第二天烘烤時，澱粉已有部份老化，而導致片狀物的黏彈性過大，且糖可吸收水份，烘烤時可供應熱蒸汽的熱量減少，故膨發性降低。

參考文獻

- 1.杉本勝之.1980.澱粉之膨化關係研究.日食工誌 27 : 635-647.
- 2.Seguchi, M. & Matsuki, J. 1977. Studies on pan-cake baking .2 . Effect of lipids on pan-cake qualities. Cereal Chem.54.:918:926.
- 3.Chinnaswamy, R. and Bhattacharya, K. R. 1983.Studies on expanded rice. Optimum processing conditions. J. Food Sci. 48:1604-1608.
- 4.Lin, Y. E. and Anantheswaran, R. C. 1988. Studies on popping of popcorn in a microwave oven. J. Food Sci. 53:1746-1749.
- 5.Murugesan, G. and Bhattacharya, K.R. 1991. Effect of some pretreatment on popping expansion of rice. J. Cereal Sci. 13:85-92.

- 6.Hsieh, F. ,Hu, L., Huff, H. E. and peng, I. C. 1990 . Effects of salt, sugar, and screw peed on processing and product variables of corn meal extruded with a twin-screw extruder. *J. Food Sci.* 55:224-227.
- 7.Hsieh, F., Hu, L., Peng, I. C. and Huff, H. E. 1990 . Pretreating dent corn grits for puffing in a rice cake machine. *J. Food Sci.* 55:1345-1348.
- 8.Mizukoshi, M., Maeda, H. and Amano ,H. 1980 . Model studies of cake baking . II. Expansion and heat set of cake batter during baking. *Cereal Chem.* 57:352-355.
- 9.Smith, O. B. 1976 . Extrusion cooking. In "New Protein Foods" Vol.2, Altschul, A. M. ed., p 87. Academic press. New York.
- 10.Kitabatake N., Megard, D. and Cheftel, C. 1985. Continuous gel formation by HTST extrusion-cooking: Soy protein. *J. Food Sci.* 50:1260-1265.
- 11.Kitabatake, N., Shimizu, Y. and Doi, E. 1988. Continuous production of fish meat using a twin-screw extruder. *J. Food Sci.* 53:344-348.
- 12.Alvarez, V. B., Smith, D. M., Morgan, R. G. and Booren, A. M. 1990. Restructuring of mechanically deboned chicken and nonmeat binders in a twin-screw extruder. *J. Food.Sci.* 55:942-946.
- 13.Meuser, F. and Wiedmann, W. 1989. Extrusion plant design. In " Extrusion cooking." Mercier, C., Linko, P. and Harper, J. M. ed., p. 102, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul.
- 14.葉安義. 須文宏 .沈家緒. 1990. 添加物對擠壓米粉物理性質的影響. 台大農學院研究報告 30:104-113.
- 15.蔡昭明.1990. 薏仁粉的擠壓加工及其產品理化特性之研究. 國立台灣大學食品科技研究所碩士論文
- 16.施明智. 江文章. 1992. 擠壓加工條件對以玉米為基材的擠壓半成品物化特性之影響.中國農業化學會誌 30 (3):454-461.

- 17.SAS. 1988. SAS / STAT guide for personal computers. 6th ed., SAS Institute Inc., Cary.
- 18.Anderson, R. A.,Conway, H. F., Pfeifer, V. F. and Griffin, E. L. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today* 14(1):4-7,11-12.
- 19.Mercier, C. 1977. Effect of extrusion-cooking on potato starch.using a twin screw French extruder. *Die Starke*. 29:48-52.
- 20.Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K. ,Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- 21.Wootton, M. and Bamunuarachchi, A. 1980. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. I I I. Effect of sucrose and sodium chloride. *Starch* 32:126-129.
- 22.林文慶. 1979. 蛋之化學與利用. P.36, 華香園出版社, 台北
23. Queguiner, C., Dumay, E., Cavalier-Salou, C. and Cheftel, J. C. 1992. Applications of extrusion cooking to dairy products: Preparation of fat analogues by microcoagulation of whey proteins. In " Food extrusion science and technology." Kokini. J. ,Ho, C. and Karwe.M. V. eds., p.373. Marcel Dekker, Inc., New York.
- 24.Peri. C., Barbieri, R. and Casiraghi, E. M. 1983. Physical chemical and nutritional quality of extruded corn germ flour and milk protein blends. *J. Food Tech.* 18:43-52.
- 25.Kitabatake, N. and Doi, E. 1992. Denaturation and texturization of food protein by extrusion cooking. In " Food extrusion science and technology." Kokini, J., Ho, C. and Karwe, M. V. eds., p.361, Marcel Dekker, Inc., New York.
- 26.吳宗沛. 1990. 米穀擠壓膨發食品之纖維強化及其品質之改進. 國立台灣大學食品科技研究所博士論文.
- 27.Chang, S. and Liu, L. 1991. Retrogradation of rice starches studied by

differential scanning calorimetry and influence of sugars, NaCl and lipids.
J. Food. Sci. 56:564-570.