

稻米理化性質與擠壓加工處理對其入口品質之影響

呂政義 張永和

中央研究院化學研究所

摘 要

本文先以省產之五種硬米 (TNu67, FJ, TN5, TC65, KS1) 及五種秈米 (TCN1, TCS3, TCS10, TNS15, KSS7) 為樣品, 探討其精白米之各項理化性質及其米飯入口品質 (eating quality) 間之關係。再以臺農67號精白米為原料, 使用實驗型單軸擠壓成型機試製擠壓米食產品, 並探討各加工處理條件對擠壓產品品質之影響。

實驗結果顯示, 除外觀白度外, 米飯的入口品質與其精白米之直鏈澱粉含量, Brabender 連續粘度圖上之各項指標及凝膠展延性之間均有顯著的相關性。總蛋白質含量及糊化溫度則與入口品質無顯著相關性。擠壓成型方面之研究則顯示精白米原料之水分含量對產品之品質有很大影響, 即原料水分含量減少, 則產品硬度低, 脆度大, 剪力減少而綜合評價高。Brabender 連續粘度圖及糊化度之測定, 則顯示擠壓成型法對澱粉結構有顯著的破壞。

前 言

稻米為世界主要農作物之一, 大多以米飯形式食用。對米飯入口品質, 目前常以感官品評進行; 但感官品評偏向主觀, 易受個人喜惡之影響, 並且耗費人力與時間^(9,13,17)。如能尋出米飯入口品質與稻米理化性質之相關性, 進而盼能以較省時、省力和客觀的理化性質來鑑定米飯之入口品質^(6,12,15,19,29)。

本文即針對本地產較普遍之硬米及秈米品種, 系統性地分析其理化性質, 並進一步探討理化性質與米飯入口品質之間的相關性。此外, 並以擠壓加工 (extrusion cooking) 法試製米食產品, 以了解加工因子對擠壓米食產品性質之影響。綜合兩項之結果, 期能供往後稻米育種改良及發展米食產品之參考。

材 料 與 方 法

一、材 料

稻米理化性質之分析採用五種硬米 (臺農 67 號, TNu 67; 豐錦, FJ; 臺南 5 號, TN5; 臺中 65 號, TC65; 及高雄 1 號, KS1) 與五種秈米 (臺中在來 1 號, TCN 1; 臺中秈 3 號, TCS3; 臺中秈 10 號, TCS 10; 臺南秈 15 號, TNS15; 及高雄秈 7 號, KSS7) 為樣品。以上皆為 72 年 1 期稻作, 取自臺中農改場。擠壓米製品之試製則採用臺中農試所產 74 年 2 期稻作之臺農 67 號硬米為原料。

稻米米穀先經脫殼及碾白^(1,11,39)成精白米, 而後再磨碎成適當大小之顆粒以進行理化性質分析 (小於 0.475 mm) 及擠壓成型加工 (小於 0.25mm)。

二、原料理化性質之分析

1. 依據 A、O、A、C 的方法⁽²⁷⁾ 測定精白米之水分、灰分、粗脂肪及粗蛋白質含量。

2. 直鏈澱粉含量之測定，則依 Juliano 等⁽¹⁶⁾ 之 International Cooperative Testing Method 測定。樣品先經正己烷脫脂 24 小時後，稱取一定量，加入酒精及氫氧化鈉溶液，經加熱後，再加入醋酸及碘液使其呈色，於 620nm 下測其吸光值，並以不同比率之馬鈴薯直鏈澱粉及臺中糯 46 號澱粉當支鏈澱粉配備標準液。

3. Brabender Viscoamylogram 及糊化溫度之測定則於 Brabender Viscoamylograph (Brabender OHG, West Germany) 中進行。操作條件為 10% (乾重) 的精白米細粉或擠壓產品粉末 (小於 0.25mm) 之水懸液，於 Brabender Viscoamylograph 中以每分鐘上升 1.5°C 的速率，自 35°C 加熱到 95°C 後，維持 20 分鐘，再以每分鐘下降 1.5°C 的速率降至 50°C，並維持 20 分鐘。測速時，轉速為 75 rpm, cartridge 為 700 cmg^(4,32)。

Brabender viscoamylogram 上的指標 (圖一) 定義如下：

Peak viscosity (P) = 加熱過程中之最高粘度。

Hot paste viscosity (H) = 於 95°C 下維持 20 分鐘後之粘度。

Breakdown (BD) = P - H.

Cold paste viscosity (C) = 冷卻到 50°C 時之粘度。

Setback (SB) = C - P.

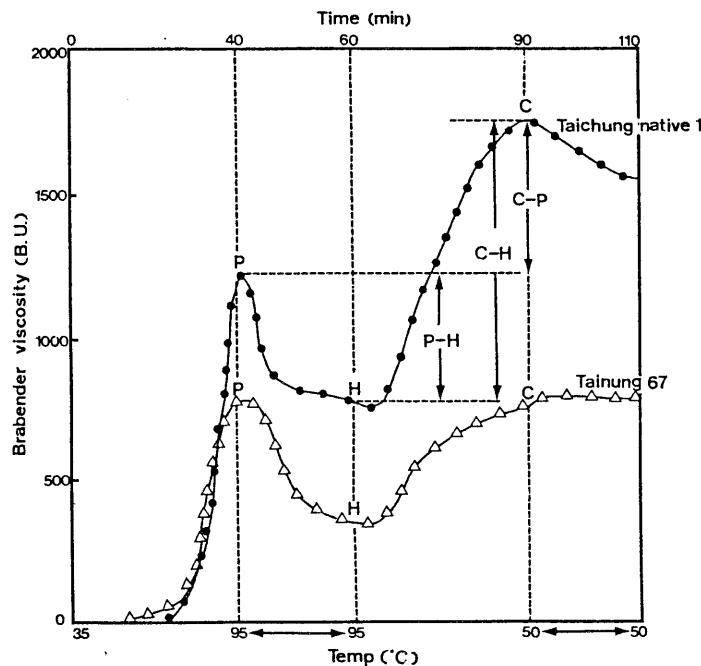
Total setback (SB_t) = C - H.

Relative breakdown (BD_r) = (P - H) / (C - H)

Breakdown ratio = H / P

Setback ratio = C / P

Total setback ratio = C / H



圖一、米粉原料的 Brabender 連續粘度圖

Fig. 1. Brabender viscoamylograms of rice flours (10% d.b.)

糊化溫度之測定，則由 Viscoamylogram 圖上粘度開始上升點之溫度減去3°C來表示。

4.鹼液侵蝕值之測定^(3,5) 則是將米粒置於含 20ml 1.4% 或 1.7% KOH 溶液的培養皿中，而後將培養皿密閉，於室溫下放置24小時。米粒的擴散情況依 Bhattacharya及Sowbhagya⁽⁴⁾ 所提出之方法來測定。

5.凝膠展延性 (gel consistency)：取 0.088 克米粉末置於 13×150 mm 的試管中，加入含 0.025% 瑞香草酚藍之95%酒精溶液 2 ml，及 0.2 N之 KOH 溶液 2 ml。經激烈振盪後，將試管予以封口，並置於熱水浴中水煮 8 分鐘。再於室溫下冷卻 5 分鐘，緊接着於冰水浴中放置15分鐘。試管平置於畫有刻度的紙上，測定膠體於30分鐘及60分鐘後所展延之距離（由試管底部到膠體前端之距離）。

6.吸水量⁽³²⁾：米粒的吸水量以其膨脹度來表示。測定方法為於離心瓶中放置10g 精白米與 180 g 水，先經沸水浴水煮20分鐘，再以1000×g之離心力離心15分鐘。上清液吸取出，稱其溶解物之重（以 105°C烘至恒重），並稱取沉澱物之重量。米粒之溶解度及膨脹度分別依下列式子計算：

$$\text{溶解度} = (\text{上清液的乾物重}) / (\text{樣品乾重})$$

$$\text{膨脹度} = (\text{沉澱物重}) / [(\text{樣品乾重}) (1 - \text{溶解度})]$$

7.米飯的製備：75g 的精白米經水洗數次後，浸漬於水中 40 min。蒸煮米飯時各米種精白米用量與水分用量分別為：秈米之精白米與水比例為 1 比1.6；粳米則為 1 比1.2。所用工具為家用式電鍋（大同牌，臺北）。對秈米與粳米而言，其加熱曲線頗為相似，秈米需 16min 以達到84°C的溫度，而粳米樣品則需時 13min 以達到同樣的溫度。當溫度達84°C時，加熱速率保持一定，約 20min 後，溫度可達100°C。

8.品評試驗：

(A)米飯品評：剛煮好之新鮮米飯，立刻由10~12位品評人員評價其香味、光澤、白度、粘度、硬度及總體評價。

(B)擠壓產品品評：產品經放置一夜後，將之切割成 3cm 長之小段，由十個有經驗的人評價其硬度、脆度及總體評價。

品評時皆採九分制，以 1 分表示最低，9 分表示最高。

9.擠壓成型法製造產品：先以噴霧攪拌方式調配原料水分到所需比例，再於單螺旋擠壓成型器中 (Single screw extruder, Do-corder E 330, Brabender Ohg, West Germany) 以各種不同原料水分及溫度的條件下運轉。螺旋軸螺旋部份長度為40公分 (L/D=20/1)，壓縮比為 3：1。擠壓區域之胴體 (barrel) 以電熱方式分三段加以控制；擠壓出口 (die) 為直徑 6mm 之單圓孔。擠壓時操作條件為：進料速率 40rpm，螺旋轉速 150rpm。擠壓溫度，進料段在70~100°C之間，第二區及第三區則為一致並試用200、220及240°C 三種溫度。

10.擠壓產品之理化性質測定：

(A)產品水分含量：以105°C烘至恒重。

(B)膨脹率 (expansion ratio)：取 10 個樣品，測其直徑，以其平均值與擠壓機出口直徑 (6 mm) 之比為膨脹率⁽²⁶⁾。

(C)物性測定：將產品切成 3cm 長度，分別取10個樣品，使用物性測定儀 (Autograph S-100, Shimadzu Seisakusho Co. Ltd, Kyoto, Japan) 測定其剪力 (shear force, kg) 與壓力 (compression force, kg)，所用之 loading cell 分別為 25kg 及50kg，crosshead speed 為 20 mm/min。

(D)糊化度之測定：採用 Kainuma 等之 β -amylase pullulanase(BAP)⁽¹⁸⁾ 法測定。

結果與討論

一、原料理化性質與入口品質之關係

表一為各種精白米之理化性質，由表中得知秈米的粗蛋白質含量在 9.04~13.03 % 之間，粳米則在 8.16~11.01 % 之間。就秈米而言，含有較高蛋白質成分者，亦顯示含有較高的直鏈澱粉成分（表一）。而粳米品系者則無此種趨勢^(8,21,22,23)。

三種秈米（臺中在來 1 號，臺南秈 15 號，及高雄秈 7 號）含有較多之直鏈澱粉，分別是 28.98%，34.88% 及 31.30%；而另兩種秈米（臺中秈 3 及秈 10 號）與其餘的粳米則含較低的直鏈澱粉量。這樣的結果顯示粳米與秈米之主要差別可能在其生理或形態上⁽⁸⁾；僅以直鏈澱粉含量之高低作為稻米品系之判斷，並不適宜。

表一、米原料的理化性質

Table 1. Some physico-chemical properties of milled rice

Sample*	Crude protein (%)	Amylose content (%)	Pasting temperature (°C)	Alkali spreading value		Gel consistency		Water uptake
				1.4% KOH	1.7% KOH	30min	60min	
TCN1	13.03	28.98	69.5	1.0	2.3	31	32	4.36
TCS3	10.64	15.63	60.5	2.7	5.2	76	84	4.72
TCS10	9.04	13.88	63.5	2.0	4.3	89	94	5.16
TNS15	10.88	34.88	62.0	4.7	7.0	35	37	4.54
KSS7	12.46	31.30	68.0	1.3	2.0	33	34	4.75
TNu67	8.84	17.45	62.0	3.3	4.8	90	98	5.08
FJ	11.01	18.63	60.5	4.3	5.5	118	124	4.06
TC65	9.19	18.75	59.0	3.8	4.8	88	97	4.97
TN5	8.16	17.50	62.0	3.7	5.2	93	99	5.70
KS1	10.66	20.50	62.0	2.8	6.0	87	97	3.86

* Rice flour was used for all items except for alkali spreading value and water uptake in which the rice grains were used.

米粉的粘糊性質曾被認為與其入口品質有關^(3,4)，而 Brabender 連續粘度圖則最常用來測試米原料之粘糊性質⁽⁴⁾。表二列出各米原料的 Brabender 連續粘度圖測試之結果，各指標之定義依前所述。

由表二得知，在所測試的 10 種米種中，秈米的 P 及 H 值均較粳米為高。而 BD 值之分佈則從 130 B.U. 到 655 B.U.。臺中在來 1 號、臺南秈 15 號及高雄秈 7 號等三者的 BD_r 值為 10 種樣品中之最低者 (0.15~0.74)，而其他樣品則皆高於 0.95。樣品的 BD_r 值與其直鏈澱粉含量有顯著的負相關性（表三），此點與 Bhattacharya 及 Sowbhagya 等⁽⁴⁾、張氏等⁽⁸⁾之觀察結果相似。SB 與 SB_r 兩數值常被視為測定老化速率的方法之一⁽⁴⁾。臺中在來 1 號、臺南秈 15 號及高雄秈 7 號等三種秈米品種皆有較高的 SB 與 SB_r 值。這兩數值與直鏈澱粉含量彼此之間也具顯著相關性（表三），此種結果顯示樣品之直鏈澱粉含量越高，則其老化速率也較快。H/P 及 C/P 值的比較，也顯示上述三種米品種的數值均高於其餘品種（表二）。

由表三亦可得知，各米種之 Brabender 連續粘度圖上的 H 及 B_r 值與其粗蛋白質含量有顯著

表二、米原料的 Brabender 連續粘度圖之指標

Table 2. Brabender viscoamylographic indices of the milled rices

Sample	Brabender units						H/P	C/P	C/H
	P	H	BD	BD _r	SB	SB _t			
TCN1	1,250	860	390	0.63	230	620	0.69	1.18	1.72
TCS3	1,285	630	655	1.82	-295	360	0.49	0.77	1.57
TCS10	1,290	750	540	1.54	-190	350	0.58	0.85	1.47
TNS15	1,100	970	130	0.15	710	800	4.88	1.65	1.87
KSS7	1,515	1,000	515	0.74	185	700	0.66	1.12	1.70
TNu67	940	520	420	1.17	-60	360	0.55	0.94	1.69
FJ	970	585	385	1.01	-5	380	0.60	0.99	1.65
TC65	1,100	595	505	1.33	-125	380	0.54	0.89	1.64
TN5	1,045	515	530	1.63	-205	325	0.49	0.80	1.63
KS1	940	530	410	0.95	20	430	0.56	1.02	1.81

表三、理化性質與 Brabender 連續粘度圖指標之相關係數

Table 3. Correlation coefficients between physico-chemical properties and the indices on the Brabender viscoamylogram

Indices	Crude protein content (%)	Amylose content (%)	Pasting temperature	Gel consistency	
				30 min	60 min
P	0.437	0.323	0.609	-0.630*	-0.633
H	0.669*	0.822**	0.661*	-0.870**	-0.890**
BD	-0.250	-0.668	-0.067	0.331	0.323
BD _r	-0.623	-0.902**	-0.434	0.640*	0.636
SB	0.532	0.921**	0.358	-0.695*	-0.705*
SB _t	0.672*	0.979**	0.295	-0.874**	-0.882**
BD/P	-0.530	-0.875**	-0.575	0.696*	0.713*
SB/P	0.238	-0.307	0.352	0.226	0.225
H/P	0.530	0.874**	0.376	-0.696*	-0.722*
C/P	0.504	0.895**	0.304	-0.675*	-0.683*
C/H	0.404	0.746*	0.141	-0.464	-0.447

* Significant at 5% level. ** Significant at 1% level.

的相關性；而 H 值與糊化溫度之間亦有相關性 ($P < 0.05$)。Brabender 連續粘度圖上之指標數值中，除了 P 值與 BD 值外，其餘數值皆與直鏈澱粉含量有顯著相關性。P、H、SB、SB_t、H/P、C/P 等數值，特別是 H 及 SB 值，與其膠稠性之間也有顯著相關（表三）。

糊化溫度之測定，顯示所用的米種之糊化溫度均在低糊化溫度之範圍內⁽¹³⁾（秈米 60.5~69.5°C；粳米 59.0~62.0°C）。糊化溫度之高低與直鏈澱粉含量之多寡似無相關性。而造成糊化溫度之差異

可能由於胚乳內某些性質之不同而致^(14,20)。

鹼液侵蝕值是測定米粒於鹼液中分散的程度。除了臺中秈10號米種外，各樣品米種之鹼液侵蝕值與糊化溫度之間有顯著之負相關性，此結果顯示鹼液侵蝕值之測定可用為間接的測定糊化溫度之用⁽²⁾。

Cagampany 等人⁽⁶⁾認為凝膠展延性是判斷米飯入口品質的重要指標。一般認為具有較高展延性之稻米品種（即膠體展延距離大於 61mm 者），其入口品質是粘性高而較柔軟；而其直鏈澱粉含量則低於20%。膠體展延距離在 26~40mm 者，其膠體粘度大，而這種米種之米飯的入口品質感覺為乾澀，具毛絨感且較硬^(6,13)。在所觀測的10個米品種中，稈米及兩種秈米（臺中秈 3 及秈10號）有軟的膠體性質，而其餘三種秈米則具硬質膠體性質（表一）。此種結果與其直鏈澱粉含量比較，顯示與上述結果^(6,13)相同之情形。

由表一亦得知米粒的吸水量與米品種之間似無明顯相關性，各米種之吸水量分佈為3.86至5.70%。

表四列出各樣品的品評結果。所用樣品經煮熟後隨即以新鮮、溫熱狀態品評，以避免其他因素干擾。如表中所示，各米種之風味並無顯著差別。三種高直鏈澱粉含量之秈米（臺中在來 1 號，臺南秈 15號及高雄秈 7 號）與其他稈米及秈米品種比較，其光澤性之評價較低；此種結果可能是由於其高量的直鏈澱粉於蒸煮中吸取大量水分而膨脹較大所致⁽¹⁷⁾。一般而言，前述三高直鏈澱粉含量之秈米的口感較硬、較具毛絨感且粘度較低，而較不受品評人員之喜愛（表四）。在外觀顏色之品評上，則臺中在來 1 號、臺南秈15號及高雄秈 7 號的白度感較其餘 7 種米種為低。

表四、蒸煮米的官能品評結果

Table 4. Sensory evaluation of the cooked rice

Sample	Flavor	Gloss	Whiteness	Hardness	Stickiness	Overall
TCN1	6.0	4.0	7.8	3.6	4.0	4.3
TCS3	6.4	6.6	7.8	6.5	5.8	6.6
TCS10	6.6	6.6	5.2	6.8	5.8	5.1
TNS15	5.6	3.5	7.8	3.5	4.0	3.6
KSS7	5.6	4.0	7.1	4.0	4.5	4.2
TNu67	6.4	6.0	7.2	4.6	5.6	6.2
FJ	5.9	6.3	5.2	4.1	6.0	5.7
TC65	5.8	5.8	7.6	4.6	5.4	6.0
TN5	6.6	6.0	7.2	5.2	5.9	6.6
KS1	6.6	6.4	4.5	3.5	5.4	5.6

* Score of 1 to 9 was applied; 9:highest, 1: lowest.

表五列出各理化性質與米飯入口品質之間的相關性。由表中可得知直鏈澱粉含量，Brabender 連續粘度圖上數種指標及膠稠性之測定，都與米飯之入口品質有顯著之相關性（除了白度感以外）。而總蛋白質含量及糊化溫度等理化性質僅與米飯之粘性有關。鹼液侵蝕值及米粒吸水量等性質則與米飯入口品質無顯著之相關。

表五、各米種之入口性質與其理化性質之間的相關係數

Table 5. Correlation coefficients between the eating quality and the physico-chemical properties of milled rice

	Flavor	Gloss	Whiteness	Hardness	Stickiness	Overall
Crude protein content	-0.565	-0.625	-0.117	-0.520	-0.698*	-0.662*
Amylose contents	-0.753*	-0.967**	-0.385	-0.719*	-0.938**	-0.867**
Indices on the Brabender viscoamylogram						
P	-0.346	-0.525	0.318	0.278	-0.406	-0.423
H	0.676*	-0.846**	0.334	-0.261	0.828**	0.659*
BD	0.728*	0.109	-0.026	-0.183	0.176	0.648*
BD _r	0.684*	0.833**	-0.104	0.840**	0.840**	0.862**
SB	-0.678*	-0.867**	0.233	-0.718*	0.856**	-0.871**
SB _r	0.734*	-0.858**	0.360	-0.606	0.931**	-0.914**
BD/P	0.682*	0.841**	0.215	0.572	0.832**	0.917**
SB/P	0.121	-0.838**	0.223	-0.681*	-0.837**	-0.861**
H/P	0.681*	0.845**	0.220	-0.568	0.837**	0.920**
C/P	0.657*	0.836**	0.227	-0.680*	0.803**	0.825**
C/H	0.433	0.620	0.124	-0.892**	0.694*	0.500
Pasting temperature	-0.217	-0.626	0.156	-0.287	-0.659*	-0.629
Alkali spreading value						
1.4% KOH	-0.115	0.174	-0.008	-0.185	0.295	0.258
1.7% KOH	0.196	0.319	0.212	0.002	0.313	0.253
Gel consistency 30 min	0.535	0.894**	0.557	0.378	0.935**	0.784**
60 min	0.550	0.906**	0.547	0.375	0.936**	0.804**
Water uptake	0.273	0.133	0.407	0.575	0.280	0.203

* Significant at 5% level; ** Significant at 1% level.

二、擠壓條件及產品分析

擠壓成型法 (extrusion cooking) 具有高產率、產品多樣化、無污染等多項優點^(10,25,28,30)。本實驗係初步探討利用小型單軸擠壓成型機，以目前最廣用品種之一的臺農67號精白米作為材料，來試製米食新產品。

原料米粒磨細為小於0.25mm的米粗粉，經攪拌混合均勻後，使其水分含量分別為13%，15%，17%，19%和21%，並以多層塑膠袋包裝放置過夜後進行擠壓工作。擠壓前並再測定其水分含量，結果各原料實際之水分含量分別為 13.34%，15.41%，17.52%，19.50%及21.02%。分別將不同水分含量之原料於 200、220及240℃ 進行擠壓，所得各產品之水分含量隨溫度之上升及原料水分含量之下降而下降 (3.35% ~ 11.54%)。即以相同水分含量之原料於不同溫度下擠壓時，溫度愈高者，產品水分愈低。因為溫度愈高，產品在離開出口時，所蒸發散失之水分也愈多。而在同一溫度進行擠壓時，原料水分愈高者，產品之水分含量亦愈高，而且所蒸發之水分也愈多。

表六列出各擠壓條件下之產品的膨脹率。大致上言之，同一溫度下，原料水分愈高，產品的膨脹

率也就愈低；且擠壓時溫度愈高者，產品膨脹率也愈低。此種結果與其他穀類受擠壓加工處理時之結果相似^(24,26)。

表六、擠壓產品的膨脹率

Table 6. The expansion ratio of the extrudates

Extrusion temperature (Zone 2 and 3)	Moisture contents*				
	13.34%	15.41%	17.52%	19.50%	21.02%
240°C	1.33	1.14	1.16	1.09	0.96
220°C	1.60	1.30	1.13	1.03	1.06
200°C	1.80	1.71	1.48	1.42	1.18

* Moisture contents before extrusion.

就擠壓產品之壓力及剪力而言，溫度越高產品之耐壓越低，剪力也越小。原料水分愈高，則產品水分愈大，剪力也越大；而耐壓之情況則變化不大。（表七）。

表七、擠壓產品之壓力及剪力

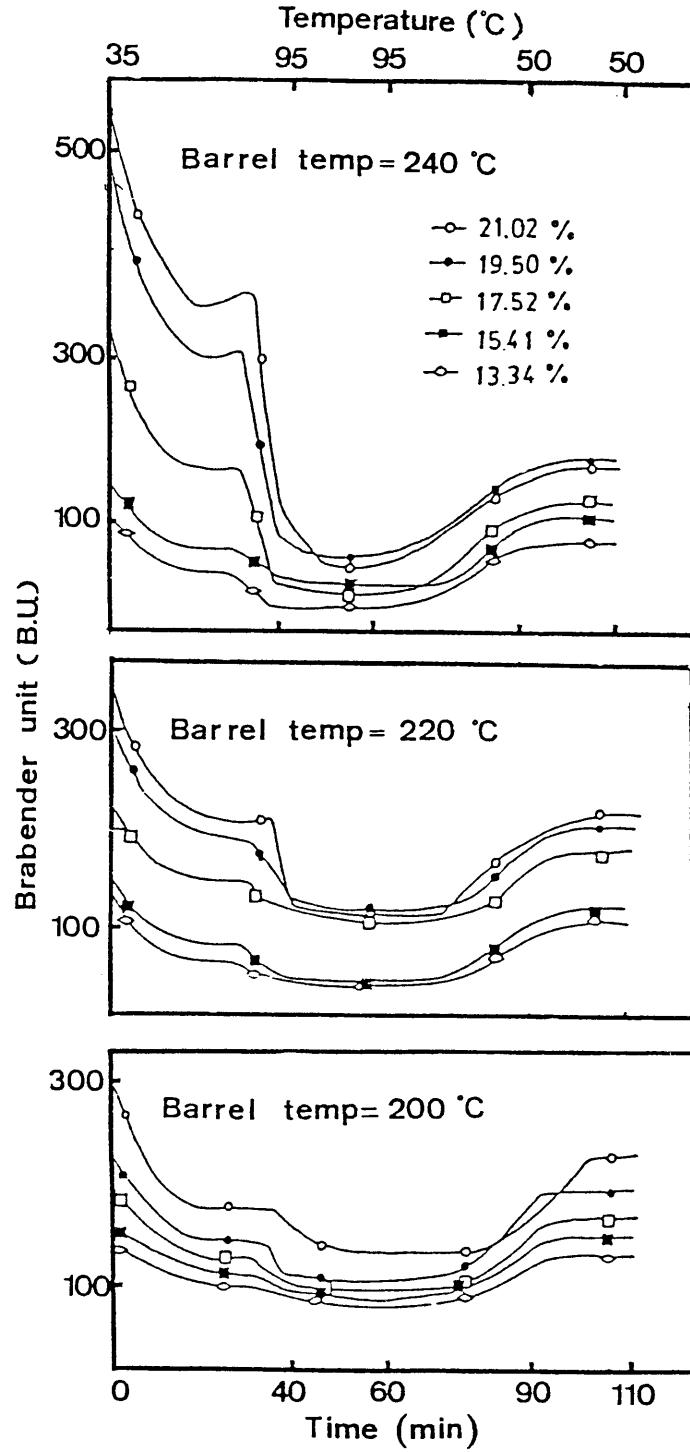
Table 7. The compressibility and shear force of the extrudates

Moisture contents*	Compressibility (kg)			Shear force (kg)		
	(Extrusion temperature Zone 2 and 3)			(Extrusion temperature Zone 2 and 3)		
	240°C	220°C	200°C	240°C	220°C	200°C
13.34%	21.35	22.65	24.95	4.09	5.44	5.62
15.41%	19.05	21.45	23.55	4.09	5.51	5.62
17.52%	18.80	23.05	23.40	6.16	7.02	7.94
19.50%	20.23	26.50	25.00	6.47	7.69	10.63
21.02%	20.58	26.80	28.60	6.70	9.25	11.35

* Moisture contents before extrusion.

品評試驗結果則發現硬度愈小之產品，其脆度愈大，綜合評價也就愈高。且凡原料中水分含量少者，其硬度低，脆度大，綜合評價亦高（表八）。脆度之評價與表七中的剪力有關，即原料水分含量減少時，產品之剪力減少，而其脆度則隨之增加。在同一擠壓溫度、不同水分含量下所製得之產品，無論在硬度、脆度及綜合評價上均以低水分含量所製得之產品為佳，且以高溫（220及240°C）及低水分含量者為較佳。而在同一水分含量下，不同擠壓溫度時所製得之產品，則無明顯的差異；由此可知原料之水分含量對擠壓產品之「入口品質」有顯著影響，而擠壓溫度於200~240°C之間之影響則較不顯著。

圖二是擠壓產品之 Brabender 連續粘度圖，一般而言，原料水分越高，其粘度越高。此乃由於高水分含量於擠壓時可降低磨擦力，使澱粉保持較完整之結構，而有較高之 Brabender 初粘度及終粘度。而當原料水分降低，則結構受破壞，粘度亦下降。同一水分下，初粘度隨溫度之上升而變大，但終粘度之趨勢則較不明顯。



圖二、臺農67號米種之擠壓產品的 Brabender 連續粘度圖
 Fig. 2. Brabender Viscoamylograms of TN 67 extrudates with various barrel temperatures and moisture contents

表八、擠壓產品的官能品評結果

Table 8. Sensory evaluation of the extrudates

Moisture contents	Firmness			Crispness			Overall		
	(Extrusion temperature Zone 2 and 3)			(Extrusion temperature Zone 2 and 3)			(Extrusion temperature Zone 2 and 3)		
	240°C	220°C	200°C	240°C	220°C	200°C	240°C	220°C	200°C
13.34% ²	3.8 _a ³	4.3 _a	4.0 _a	7.3 _a	7.7 _a	7.6 _a	7.2 _a	7.6 _a	7.5 _a
15.41%	4.5 _b	4.7 _a	4.7 _{a,b}	5.7 _b	6.8 _{a,b}	6.7 _{a,b}	5.6 _b	6.5 _{a,b}	6.2 _a
17.52%	4.7 _b	5.7 _b	6.6 _b	5.0 _b	5.5 _{b,c}	5.4 _b	4.5 _c	5.5 _{b,c}	4.1 _b
19.50%	5.2 _b	6.7 _c	7.4 _c	3.7 _c	4.9 _{c,d}	3.4 _c	3.3 _d	4.9 _{c,d}	3.1 _{b,c}
21.02%	5.9 _b	7.8 _d	8.2 _c	2.3 _d	3.6 _d	3.1 _c	3.0 _d	3.6 _d	2.1 _c

¹ Scores of 1 to 9 used; 1: lowest; 9: highest.

² Moisture contents before extrusion.

³ Tukey test ($\rho=0.05$)

糊化度之分析顯示，各產品之糊化度均大於80% (表九)。此乃因原料水分含量高時澱粉被糊化程度大，而水分含量低時，則所受機械破壞力大，造成破損澱粉，易受酵素作用，所以各產品之間糊化度相差不大。

表九、擠壓產品的糊化度

Table 9. Degrees of gelatinization of the extrudates

Extrusion temperature (Zone 2 and 3)	Moisture contents*				
	13.34%	15.41%	17.52%	19.50%	21.02%
240°C	87.51	92.56	91.37	82.38	87.14
220°C	95.58	94.06	99.90	88.95	96.68
200°C	89.67	87.61	94.87	82.30	80.40

* Moisture contents before extrusion.

結 論

實驗結果顯示，各種米種精白米之理化性質與其米飯之「入口品質」有如下之關係：各米種之直鏈澱粉含量，Brabender 連續粘度圖上之各項指標及凝膠延展性之數值，顯示與米飯之入口品質（除了外觀白度外）具有良好之相關性。總蛋白質含量及糊化溫度則與米飯之粘度有關，但鹼液侵蝕值及精白米吸水量則與入口品質無相關性。

擠壓米食產品之試製，則顯示當臺農67號原料米粉之水分含量較低時，且擠壓溫度在220°C時所得之產品具有較大膨脹率，較高的綜合評價分數，而其糊化度為80%左右。低擠壓溫度之產品無高擠壓溫度(240°C)產品的焦化現象，然而較低水分原料對機械磨損程度較高水分原料為大。

參 考 文 獻

1. Barber, S. 1972. "Rice Chemistry and Technology", Chap. 9. ed. by D. F. Houston. Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
2. Bhattacharya, D. R. and C. M. Sowbhagya. 1972. An improved alkali reaction test for rice quality. *J. Food Technol.* 7:323-331.
3. Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya. 1978. On viscograms and viscograph, with special reference to rice flour. *J. Texture Studies* 9:341-351.
4. Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya. 1979. Pasting behavior of rice. A new method of viscography. *J. Food Sci.* 44:797-800.
5. Bhattacharya, K. R. and C. M. Sowbhagya. 1980. On the alkali degradation type of rice kernels. *J. Sci. Food Agric.* 31:615-618.
6. Cagampany, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano. 1973. Gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.* 24:1589-1594.
7. Chang, S. M. and C. Y. Lii. 1985. The pasting behaviors and the eating qualities of some rices in Taiwan. *ibid.* 32:57-61.
8. Chang, S. M., H. L. Yang and C. Y. Lii. 1984. Some physico-chemical properties of non-waxy rices in Taiwan. *Bull. Inst. Chem. Academia Sinica* 31:63-68.
9. Chikubu, S., S. Watanabe, T. Sugimoto, F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between palatability evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. *J. Jpn Soc. Starch Sci.*, 30:333-341.
10. Harper, J. M. 1981. "Extrusion of Foods", Vol. I, Page 2. Ed. by J. M. Harper. CRC Press, Florida.
11. Hogan, J. T., and H. J. Deobald. 1961. Note on the determination of the degree of milling of whole milled rice. *Cereal Chem.* 38:291-293.
12. Juliano, B.O. 1968. Relation of some properties of rice starches and proteins to quality of Asian white rice. *Food Chem.* 18:82-84.
13. Juliano, B. O. 1979. Chemical aspects of rice grain quality. Page 69, International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
14. Juliano, B. O., B. B. Nazareno and N. B. Ramos. 1969. Properties of waxy and isogenic non-waxy rices differing in starch gelatinization temperature. *J. Agric. Food Chem.* 17:1364-1369.
15. Juliano, B. O., C. B. Cagampany, L. J. Cruz and R. G. Santiago. 1964. Some physicochemical properties of rice in southeast Asia. *Cereal Chem.* 41:275-286.
16. Juliano, B. O., C. M. Perez, A. Blakeney, T. Castillo, N. Kongweree, B. Laignelet, E. T. Lapis, V. B. S. Murty, C. M. Paule and B. D. Webb. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch* 33:157-162.
17. Juliano, B. O., L. U. Onate and A. A. Del Numdo. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technol.* 19:1006-1011.
18. Kainuma, K., A. Matsunaga, M. Itagawa and S. Kobayashi. 1981. New enzyme

- system beta-amylase-pullulanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jap. Soc. Starch Sci.* 28: 235-240.
19. Karasawa, H., Y. Kanauti, K. Takei, S. Ogawa, T. Okabe, T. Hayakawa and I. Igaue. 1972. Correlation analysis between eating quality, rheological property and amylose content of starch. *Agric. Biol. Chem.* 36:1809-1813.
 20. Kongseree, N. and B. O. Juliano. 1972. Physicochemical properties of rice grain and starch from lines differing in amylose content and gelatinization temperature. *J. Agric. Food Chem.* 20:714-718.
 21. Lin, P. C., L. F. Lin and S. T. Chow. 1969. Comparative studies on the quality of rice in Taiwan (I). *Agric. Res. (Chinese)* 18:30-36.
 22. Lin, P. C., L. F. Lin and S. T. Chow. 1971. Comparative studies on the quality of rice in Taiwan (II). *ibid.* 20:36-43.
 23. Lin, P. C., L. F. Lin and S. T. Chow. 1972. Studies on the varietal characteristics of rice in quality (II). Report of Taiwan Agricultural Research Institute No. 603. Taiwan Agricultural Research Institute.
 24. Mercier, C. and P. Feillet. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion cooking on cereal products. *Cereal Chem.* 52:283-297.
 25. Mercier, C., R. G. Charbonniere and J. F. de la Gueriviere. 1980. Formation of amylose-lipid complexes by twin-screw extrusion cooking of manioc starch. *Cereal Chem.* 57:4-9.
 26. Noguchi, A., W. Kugimiya, Z. Haque and K. Saio. 1983. Physical and chemical characteristics of extruded rice flour and rice flour fortified with soybean protein isolate. *J. Food Sci.* 47:240-245.
 27. Official Methods of Analysis of A. O. A. C. 1980. 13th ed. Page 858. Ed. by W. Horwitz, Association of Official Analytical Chemists.
 28. Paton, D. and W. A. Spratt. 1978. Component interactions in the extrusion cooking process. I. Processing of chlorinated and untreated soft wheat flour. *Cereal Chem.* 55:973-980.
 29. Perez, C. M. and B. O. Juliano. 1979. Indicators of eating quality for non-waxy rices. *Food Chem.* 4:185-195.
 30. Racicot, W. F., L. D. Satterlee and M. a. Hanna. 1981. Interaction of lactose and sucrose with corn meal proteins during extrusion. *J. Food Sci.* 46:1500-1506.
 31. Schoch, T. J. 1964. "Methods in Carbohydrates Chemistry" Vol. 4. Page 106. Ed. by R.L. Whistler. Academic Press, New York.
 32. Smith, R. J. 1964. "Methods in Carbohydrates Chemistry", Vol. 4. Page 114. Ed. by R. L. Whistler. Academic Press, New York.
 33. Stermer, R. A. 1968. An instrument for objective measurement of degree of milling and color of milled rice. *Cereal Chem.* 45:358-364.

The Effects of Physico-chemical Properties and Extrusion-cooking Process on the Eating Quality of Rice

C. Y. Lii and Y. H. Chang

Institute of Chemistry, Academia Sinica

ABSTRACT

Five varieties of japonica rice and five varieties of indica rice were used as the samples for the investigation of the correlation between the physico-chemical properties and the eating quality of the milled rice. The results indicated that the amylose content, several indices from the Brabender Viscoamylogram and the gel consistency were significantly related to the eating quality, except the degree of whiteness, of the cooked rice. Total protein contents and pasting temperatures showed significant correlation with the stickiness of the cooked rice. However, the alkali spreading values and the water uptake did not show significant relation with the eating quality.

Extrusion-cooking treatment was applied on Tainung 67 japonica rice to observe the effects of processing parameters on the extrudate quality. The results showed that the moisture content of the raw material affected the quality of the extrudate. Rice-flour raw material with low moisture content produced extrudate with lower hardness, higher crispiness and higher degree of acceptability than the extrudate produced from high moisture content sample. The results from Brabender Viscoamylogram and degree of gelatinization showed that the extrusion-cooking caused the damage of starch structure.