

不同碾磨技術對米粉理化特性之研究

盧 訓 呂政義 陳文志

國立中興大學及中央研究院

摘 要

在不同磨粉方法對於米粉的理化性質，在化學組成含量方面，以乾磨粉含量最高，其次是半乾磨粉，再其次是濕磨粉。在米粉顆粒大小分佈，乾磨粉粒90%以上通過 60 mesh，而半乾磨粉平均分佈於 20~60 mesh 之間，濕磨漿液則可通過 200 mesh 篩網。其物化特性如凝膠稠度(gel consistency)以半乾磨粉>濕磨粉>乾磨粉，在水溶性指標 (WSI) 及水吸附性指標 (WAI) 以半乾磨法>乾磨法>濕磨法。而在糊化度方面，也是以半乾磨法最高，次為乾磨法，再其次為濕磨法製粉。連續粘度圖顯示以濕磨處理者，在尖峯黏度及冷卻到 50°C 之回昇黏度 (setback vis.) 較小。以示差掃描熱分析 (DSC) 觀看濕磨處理所須糊化焓較大，而半乾磨處理則較小，在 X-射線繞射發現在半乾磨處理時澱粉結晶有些許改變，以電子掃描顯微鏡觀察，濕磨粉者可清楚看到澱粉顆粒單獨存在。

在米雪片 (rice flake) 試製，發現以臺中秈10號乾磨粉為原料之產品，接受性最好。

前 言

稻米 (*Oryza sativa* L) 的生產和小麥、玉米同為世界三大重要穀物，今世界上除美洲以玉米、非洲以粟米、歐洲以小麥為主食外，亞洲國家幾乎全是以稻米為主要糧食作物，尤以中國南方及東南亞為主。

吾人了解，米之烹煮及加工特性與米品種、直鏈澱粉含量及米之蛋白質有關^(1,8)。而其中之凝膠稠度、糊化粘度值以及米粉之組成使得加工特性上受到影響^(23,25,27)。不同之機器碾製或不同之碾製處理，會使得其中之化學成份，及澱粉性質造成改變，因而造成產品品質不均一。在臺灣，傳統之碾製方法有三：即乾磨法 (dry mill)、半乾磨法 (semi-dry mill) 及濕磨法 (wet mill)^(2,4)。

本篇研究即針對三種不同碾磨方式，比較其化學組成、理化特性並做米早餐食品之開發。

材 料 與 方 法

一、材料部份：

稻米原料是採用臺灣目前推廣之水稻品種。包括硬稻臺農70號及秈稻臺中秈10號。兩者皆購自彰化縣花壇農會。

二、實驗方法：

1. 化學組成：

① 樣品包括有不同磨粉處理之米粉，測定其灰分、蛋白質及脂肪之分析，採用了 AACC 手冊

之標準方法⁽⁵⁾ (08—01, 46—11及30—10) 進行測試。

②還原糖測定：

依照 Gaine 及 Mitchell⁽¹¹⁾ 之方法，利用 anthrone 試劑呈色、並在吸收光譜620 nm 波長下測定 O.D 值，再推算還原糖糖之含量。

2. 米浸漬時間的決定：

採用 Melcalf⁽²⁴⁾ 改良方法。當達到吸水量平衡時為浸米時間。

3. 鹼性擴散程度 (alkali spreading value) 測定：

採用 Little et al.⁽²⁰⁾ 之方法，並以臺中在萊 1 號為對照組。

4. 乾磨米粉製備：(dry milled rice flour)

將原料米採用 Cyclotec 1093 sample mill (Tecator Co., Sweden)，碾成細米粉末。

5. 半乾磨米粉製備：(semi-dry milled rice flour)

米浸漬30分鐘後以脫水機脫水1分鐘，以 Straub model 4E grinding miller 將米磨粉，再以40°C 恒溫箱乾燥保存。

6. 濕磨米粉製備：(wet milled rice flour)

米浸漬30分鐘後以脫水機脫水1分鐘，再以濕磨機磨漿。所得米漿裝入麻布袋中，過濾大部份的水再以40°C 恒溫箱乾燥保存。

7. 米粉顆粒大小分佈：

秤取乾磨粉或半乾磨粉 20 g，置於振動篩上 20 mesh, 30 mesh, 40 mesh 及 60 mesh，以老松分析型振動機 (機型：LS-300T)，振動10分鐘，秤取留在篩網上之重量換算其比例即為米粉顆粒大小分佈。

8. 米粉之水吸附指標 (water absorption index, WAI) 及水溶性指標 (water solubility index, WSI) 測定：

採用 Holm et al.⁽¹³⁾ 等人之改良方法。

9. 凝膠稠度 (gel consistency) 測定：

採用 Juliano⁽¹⁶⁾ 等人之方法。唯秤取改用 130 mg 之各種米粉。

10. 糊化度測定 (degree of gelatinization)：

依 Kainuma⁽¹⁹⁾ 等人所提之 BAP 法，加以改良。

$$DG\% = [(A - a)/B] / [(A' - a)/B'] \times 100$$

A 及 A'：分別為樣品不經全糊化樣品中之還原糖量。

B 及 B'：分別為樣品及經全糊化樣品中之總碳水化合物量。

a：為空白試驗中之還原糖量。

11. 米澱粉之分離：

依據楊⁽³⁾ 等之改良米澱粉分離法，運用鹼浸濕磨方法做澱粉之抽取分離。

12. 直鏈澱粉 (amylose) 含量之測定：

依據 Juliano⁽¹⁶⁾ 等人之方法進行測試米澱粉中之直鏈澱粉含量。

13. 米澱粉顆粒之大小分佈：

依據改良之 Synder⁽²⁸⁾ 方法，將0.15%澱粉懸浮液，以400倍光學顯微鏡觀察500個澱粉粒之大小分佈。

14. 米粉及米澱粉之連續粘度測定：

使用 Brabender viscoamylograph (Brabender Ohg, Duisburg, West Germany) 測定儀進行。

先製備8.5% (乾物重 w/v) 之米粉懸浮液，及 7% (乾物重 w/v) 之米澱粉懸浮液，放入

不銹鋼之特製容器內，再置於儀器中，由50°C開始加熱，每分鐘上升1.5°C，由20°C加熱到95°C，在95°C維持30分鐘後，再以同速降至50°C，最後在50°C保持30分鐘。測試時速調為75 rpm，使用700 mg之 cartridge，黏度大小以 Brapender unit (B.U.) 表示。

15. X-射線繞射 (X-ray diffraction)

以X-射線繞射儀 (model ADE 301E, Shibaura Co., Tokyo, Japan) 測定米澱粉之結晶體構造。

操作條件是在電壓 35 KV，電流25 mA 下，掃描角度 (2θ) 從 30θ 掃描至 4θ ，而掃描速率為每分鐘1度。

16. 米澱粉及米粉之熱分析：

米澱粉或米粉與水以1:4 (w/w)⁽⁷⁾ 之比率混合後放入微量試管中，於4°C下靜置過夜，操作前，置於室溫約1小時，攪拌均勻，將此懸浮液取0~80mg 放入樣品盤中，密封，然後以示差掃描熱分析儀 [differential scanning calorimeter (DSC), 1090 type, Dupont Co., Wilminter, DE, USA] 自20°C起以每分鐘20°C之速率加熱至125°C，以測試澱粉或米粉糊化之各項溫度及所須之熱能。

17. 掃描式電子顯微鏡 (SEM)之觀察

將各種不同處理粉末以雙面膠黏固於鋁台 (aluminum stub) 上，再以離子覆膜器 (ion coater, eiko engineering IB-2) 於真空下用黃金披膜4分鐘，再以掃描式電子顯微鏡 (hitachi S-450 scanning electron microscope) 觀察。

18. 加工產品試做：

試做米雪片 (rice flakes)，詳細製做流程如圖1所述。

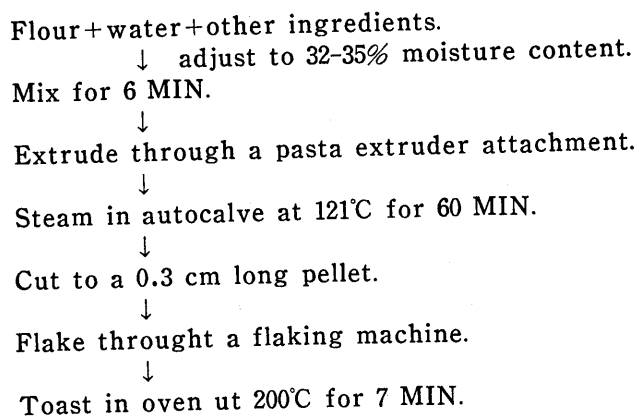


圖1 米片早餐食品製備流程

Figure 1. Procedure for laboratory preparation of pelleted type flakes.

結果與討論

一、米浸漬時間決定：

由圖2中顯示，三個稻米品種在吸濕曲線表現相近似，在浸漬30分鐘後達到穩定狀態，吸水量在40%左右。根據文獻報導，米粒吸水的快慢影響到米澱粉糊化速度的快慢。根據 Melcalf⁽²⁴⁾ 等人

報告：直鏈澱粉含量越高則吸水速率越慢。又 Juliano⁽¹⁵⁾ 等人報告則相反：直鏈澱粉含量越高則吸水速度越快。而 Bhattacharya⁽⁶⁾ 等人報告吸水速率和直鏈澱粉含量則無相關性存在。在本實驗中三者表現相近似。

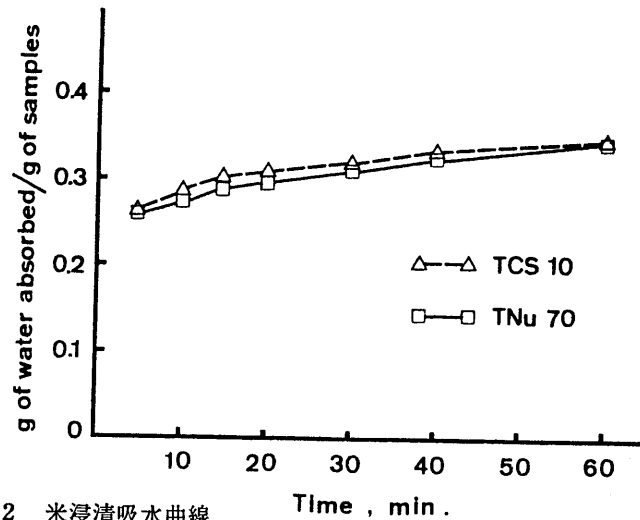


圖2 米浸漬吸水曲線

Figure 2 Curves of milled rices water absorption content during soaking.

二、一般化學組成：

在表1中，不論在灰分、蛋白質、脂質及還原糖含量方面皆以乾磨處理米粉為最高，反觀濕磨處理時到得到較低的量。根據 Melcalf⁽²⁴⁾ 等人研究報告指出，米粒在浸漬處理時，會有部分可溶性固體流出，而且流着時間及溫度的增加流失量會因而增加，而流失物質根據Perez和 Juliano⁽²⁶⁾ 報告其物質為米纖維素(hemicellulose)，可溶性蛋白質和無結合之澱粉油脂物(nonstarch-lipids)。

表1 不同處理米粉之一般化學成份分析

Table 1. The Chemical Composition of Different Milling Rice Flours.

Rice Variety	Treatment		Dry Matter (%)			
			Ash	Lipid	Protien	Reducing Sugar
TNu 70	Dry	Milled	0.45	0.41	8.02	0.90
	Semi-dry	Milled	0.15	0.03	7.55	0.12
	Wet	Milled	0.17	0.03	6.67	0.15
TCS10	Dry	Milled	0.57	0.27	7.91	0.74
	Semi-dry	Milled	0.20	0.08	7.56	0.16
	Wet	Milled	0.22	0.03	5.70	0.15

三、米粉顆粒大小分佈：

在圖3中顯示，在乾磨處理時三種稻米品種百分之90以上皆能通過60 mesh，而半乾磨處理時米

粉平均分佈在 20~60 mesh 之間。另濕磨處理其漿液可以通過 200 mesh 篩網。影響米粉顆粒的大小分佈主要在於磨粉機器的選擇⁽²⁴⁾。由觀察發現，在半乾磨處理時米粉顆粒由於米粒產生凝聚，所以顆粒較大。

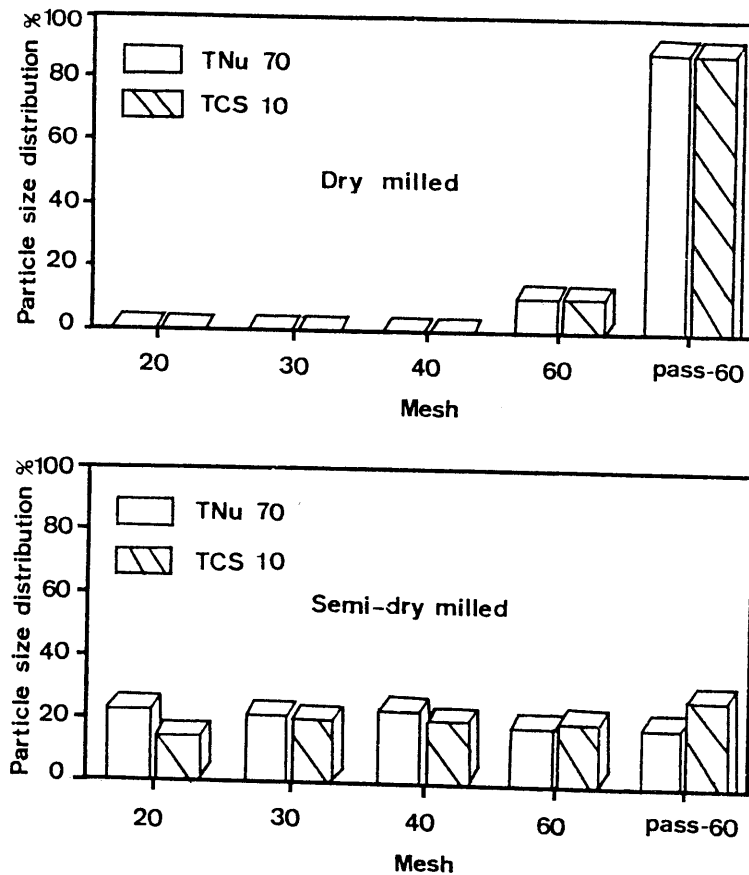


圖 3 乾磨及濕磨處理之米粉顆粒大小分部

Figure 3. Rice flours particle size distribution after drter dry & semi-dry milled.

四、不同處理之米粉之物化特性：

在表 2 中，凝膠稠度以半乾磨所得值最大，次為濕磨法，再其次為乾磨處理。在水吸附性指標、水溶解性指標也是以半乾磨最大，次為濕磨，再其次為乾磨處理。影響測定條件的因素有米粉顆粒和澱粉的破損程度，其最終原因還是磨粉方法的選擇⁽²⁵⁾。米粉顆粒大小，溶解性及彼此間可能的聚集均會影響澱粉懸浮液的流變性質(rheological properties)，且當澱粉顆粒由大分子變成小分子時，內聚黏度(intrinsic viscosity)會降低^(8,13)。French⁽¹⁰⁾指出當澱粉水溶性增加則會降低形膠能力。這可以解釋為何半乾磨處理所得值最高。而水吸附指標的測定是測量澱粉破損情形(damaged starch)的簡便方法⁽¹⁰⁾。在此結果也是以半乾磨處理為最高。

表2 不同處理米粉之物化特性

Table 2. Some Physicochemical of Different Milling Rice Flours.

Rice Variety	Treatment		GC(mm)	WAI	WSI(%)
TNu 70	Dry	Milled	50	2.5	2.3
	Semi-dry	Milled	94	2.7	2.8
	Wet	Milled	65	2.0	0.4
TCS 10	Dry	Milled	56	2.4	2.4
	Semi-dry	Milled	100	3.0	4.1
	Wet	Milled	79	2.0	0.7

GC=Gel consistency.

WAI=Water adsorption index.

WSI=Water solubility index.

由凝膠稠度，水溶性指標及水吸附指標，可以了解到磨粉方法對米粉本身會造成不同程度的破壞，如澱粉顆粒由大變小，增加米粉之水溶性指標，使得成膠性質降低，導因於澱粉顆粒受到某種程度破壞（水吸附指標增加），其中以半乾磨法對於澱粉的破壞最大，濕磨處理最小。

五、糊化度的測定：

圖4中所示，不同處理米粉以BAP法(β -amylase及pullulanase)測定糊化度時發現，以半乾磨法處理所得之值最高。在半乾磨處理時米含水量在28%，且碾磨時之溫度高達45°C之高，所以米粉中澱粉因而產生部分糊化現象。乾磨之米粉，其水分含量約在13%。一般濕磨處理應用在穀類加工技術是用來分離澱粉。因其對澱粉的破損傷害最低。而其原因是充分的水參與並保護澱粉受到過分的磨擦⁽²⁷⁾。

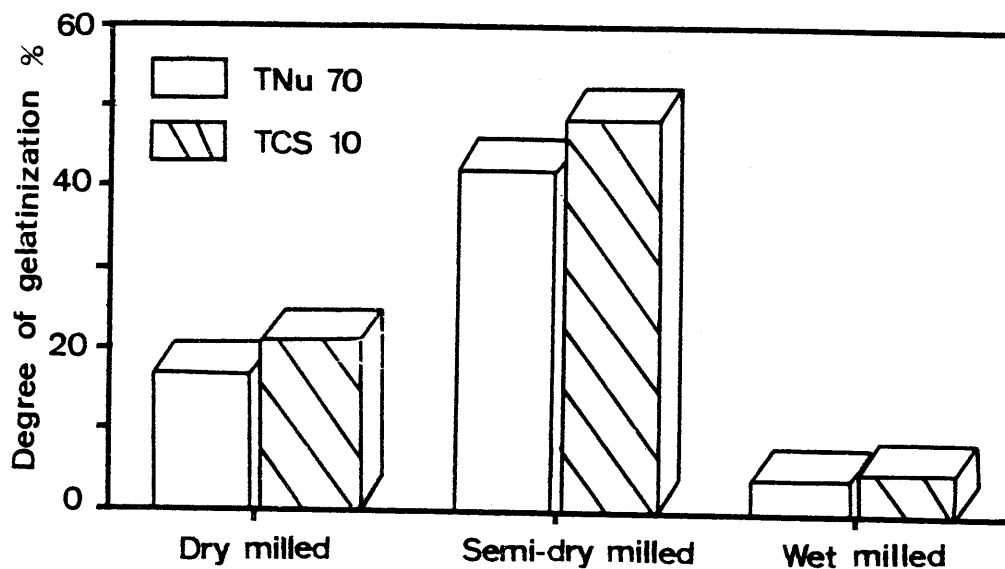


圖4 不同磨粉處理米粉之糊化度

Figure 4. The degree of gelatinization of different milled rice flours.

六、直鏈澱粉含量和鹼性擴散值：

表 3 中，兩個稻米品種的直鏈澱粉含量均相近，而鹼性擴散值分別為 6.0 及 6.5。此次，選用在直鏈澱粉之含量是屬於低直鏈澱粉含量的稻米品種⁽²³⁾，在以鹼性擴散值測糊化溫度根據 Little⁽²⁰⁾ 分類是屬低糊化溫度。

表 3 直鏈澱粉含量及鹼性擴散值

Table 3. The Amylose Content and Alkali Spreading of Sample Rices.

Rice Variety	Amylose (% Dry Matter)	Alkali Spreading
TNu 70	19.0	6.0
TCS	18.3	6.5

七、澱粉顆粒大小分布：

臺農 70 號之澱粉顆粒大小以直徑 5 μm 為最多佔 44%，臺中秈 10 號則以 6.25 μm 為最多佔 46% 之多。米澱粉顆粒呈多角形，而直徑在 3~8 μm 。在這兩品種間，臺中秈 10 號平均澱粉顆粒要大於臺農 70 號。

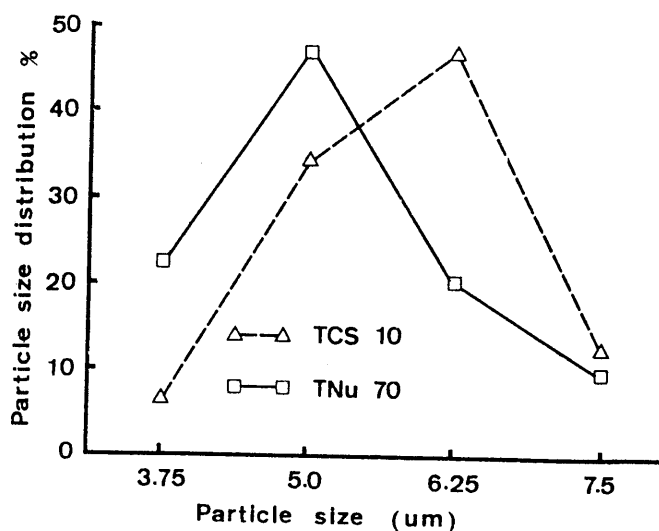


圖 5 澱粉顆粒大小分佈

Figure 5. Rice starch particle size distribution.

八、米澱粉及不同處理米粉之糊化特性：

由表 4 中得知不同稻米品種有着不同的連續黏度曲線表現。首先在糊化溫度方面，臺農 70 號為 65.8°C，臺中秈 10 號為 66.5°C。另在臺農 70 號在尖峯黏度值在 590 B.U.，而臺中秈 10 號值為 680 B.U.。在冷卻至 50°C 的冷糊黏度值 (cold paste viscosity; C)，臺農 70 號 520 B.U.，另臺中秈 10 號則 480 B.U.。而回昇黏度值臺農 70 號為 -150 B.U.，臺中秈 10 號為 -200 B.U.。

表4 米澱粉之糊化特性

Table 4. The Pasting Characteristics of Rice Starches.

Rice Variety	Temperature (°C)		Viscosity (B.U.)				
	Gelatinization	Peak	P	H	C	BD	SB
TNu 70	65.8	74.8	590	180	440	410	-150
TCS 10	66.5	77.8	680	210	480	470	-200

* Average of duplicate measurements.

** P=Peak viscosity.

H=Hot-paste viscosity, i.e., the viscosity after holding at 95°C for 30 min.

C=Cold-paste viscosity, i.e., the viscosity after cooling to 50°C.

BD=Breakdown: P-H.

SB=Setback: C-P.

在不同處理米粉之糊化特性，由表5示，因不同之乾、半乾及濕磨法之米粉在糊化曲線表現有着明顯不同。糊化溫度表現在臺農70號方面值介於61.3~65.8°C，臺中秈10號值介於60.5~66.5°C。半乾磨法較其他兩種有提前現象。在尖峯黏度方面，皆以半乾磨法之值最低。而冷卻至50°C時之回升黏度值而言，也是以半乾磨法最低。由以上數據可知，不同磨粉處理對於米粉糊化特性有着不同影響。

表5 不同碾磨處理米粉之糊化特性

Table 5. The Pasting Characteristics of Different Milling Rice Flours.

Rice Variety	Treatment		Temperature (°C)		Viscosity (B.U.)				
			Gelatinization	Peak	P	H	C	BD	SB
TNu 70	Dry	Milled	65.8	91.3	510	300	610	210	100
	Semi-dry	Milled	61.3	89.0	290	160	319	130	20
	Wet	Milled	65.7	91.3	650	350	620	300	-30
TCS 10	Dry	Milled	66.5	94.3	640	400	790	240	150
	Semi-dry	Milled	60.5	88.0	280	160	290	120	10
	Wet	Milled	66.5	91.3	610	320	630	290	20

* Average of duplicate measurements.

** P=Peak viscosity.

H=Hot-paste viscosity, i.e., the viscosity after holding at 95°C for 30 min.

C=Cold-paste viscosity, i.e., the viscosity after cooling to 50°C.

BD=Breakdown: P-H.

SB=Setback: C-P.

九、X-射線繞射：

由圖 6~7 可以清楚看到在整個米粉結晶曲線均相似，但是在半乾磨處理時（箭頭指處）稍微不同於其他樣品，可了解到米中澱粉結晶有着某種程度之改變。X-射線繞射應用在穀類加工，除可鑑定澱粉結晶形態，更可應用在澱粉結晶的改變，如膠化及老化過程在澱粉結晶上的改變。在半乾磨處理時可能是米澱粉的部分糊化，或許使澱粉之部分結晶先行失去晶體曲折度 (loss of birefringence)

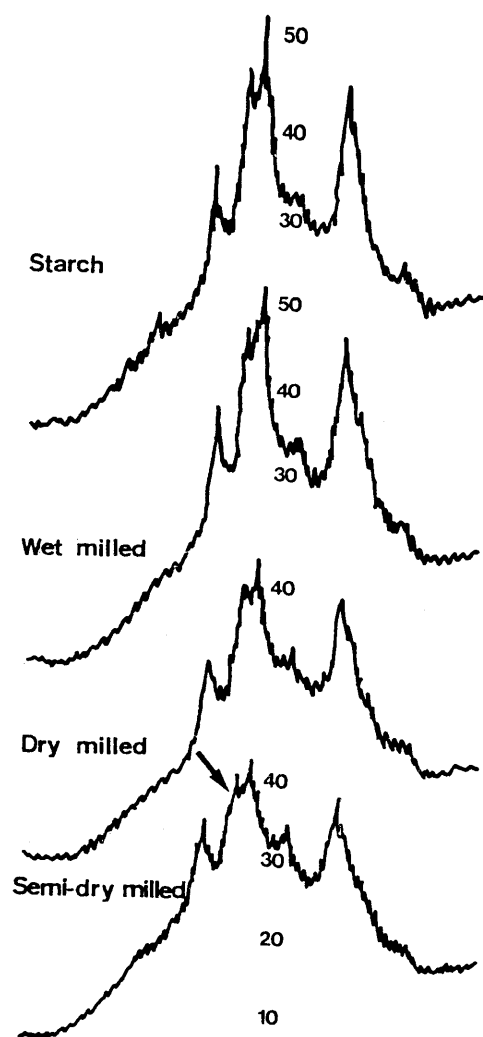


圖 6 不同處理米粉之 X-ray 繞射圖

Figure 6. The X-ray diffraction pattern of TNU 70 rice starch & flours.

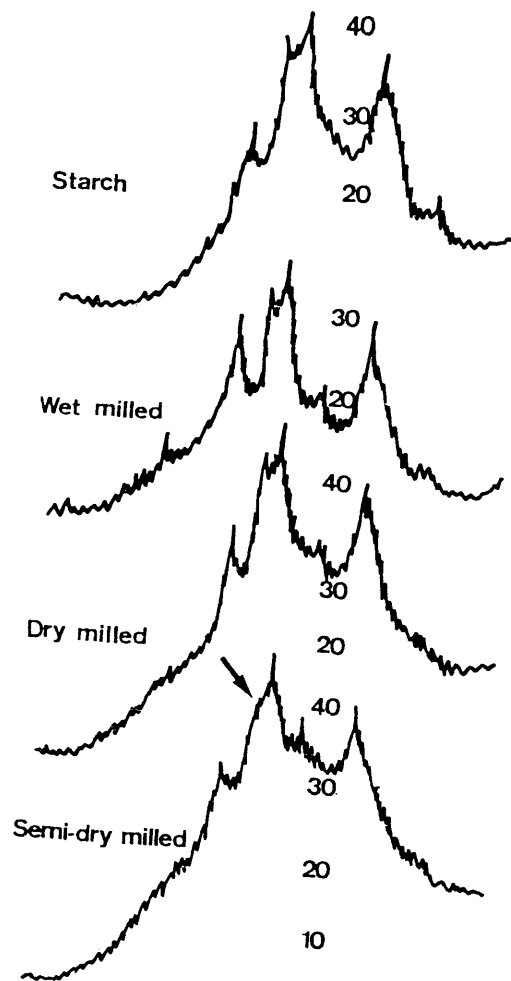


圖7 不同處理米粉之 X-ray 繞射圖

Figure 7. The X-ray diffraction pattern of TCS 10 rice starch & flour.

十、米澱粉及米粉之熱分析

由圖 8~9 示出，經示差掃描熱分析所得之結果，在磨粉處理方面，濕磨粉末和純澱粉之表現，在起始溫度 (onset temperature) 及所須糊化焓 (enthalpy) 相似。而半乾磨處理其起始溫度及所須糊化焓則較小。Zobel⁽²⁹⁾ 提到可利用 DSC 來測定澱粉破損情形。而 Nishita⁽²⁴⁾ 等人又提出，利用不同磨粉機械製造米粉時發現當澱粉損害 (damaged) 程度大時，利用示差掃描時其分析時其所須之糊化焓較小。Ghiasi⁽¹⁵⁾ 指出澱粉糊化時，須加熱到一定能量使得澱粉顆粒充分膨脹，澱粉分子從錯綜複雜的網狀結構中分離出來。所以澱粉分子間的鍵結情形是主要決定所須的能量多寡。在米粉的物化特性如凝膠稠度 (gel consistency) 及水吸附性指標，米溶性指標。不同磨粉方法對澱粉

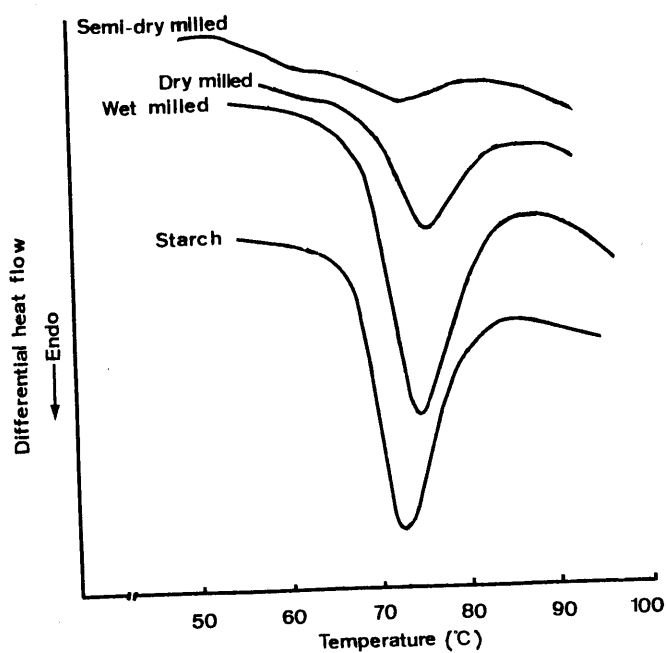


圖 8 不同處理米粉之熱分析圖 (DSC)

Figure 8. Representative DSC thermograms of TNU 70 rice starch & flours.

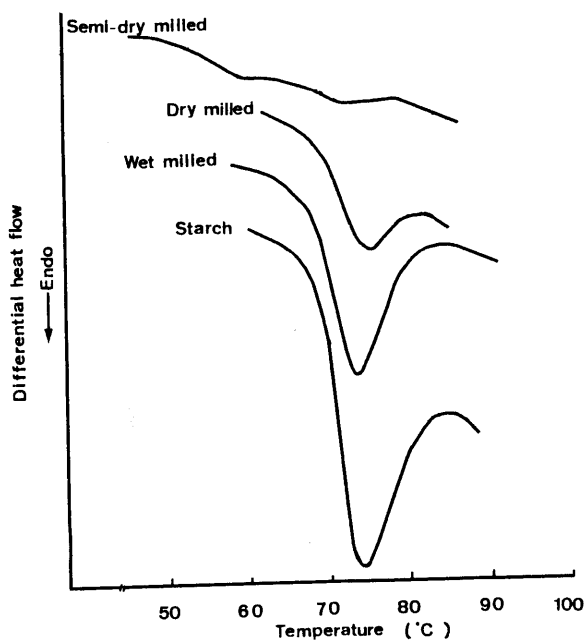


圖 9 不同磨粉處理米粉之熱分佈圖 (DSC)

Figure 9. Representative DSC thermograms of TCS 10 rice starch & flours.

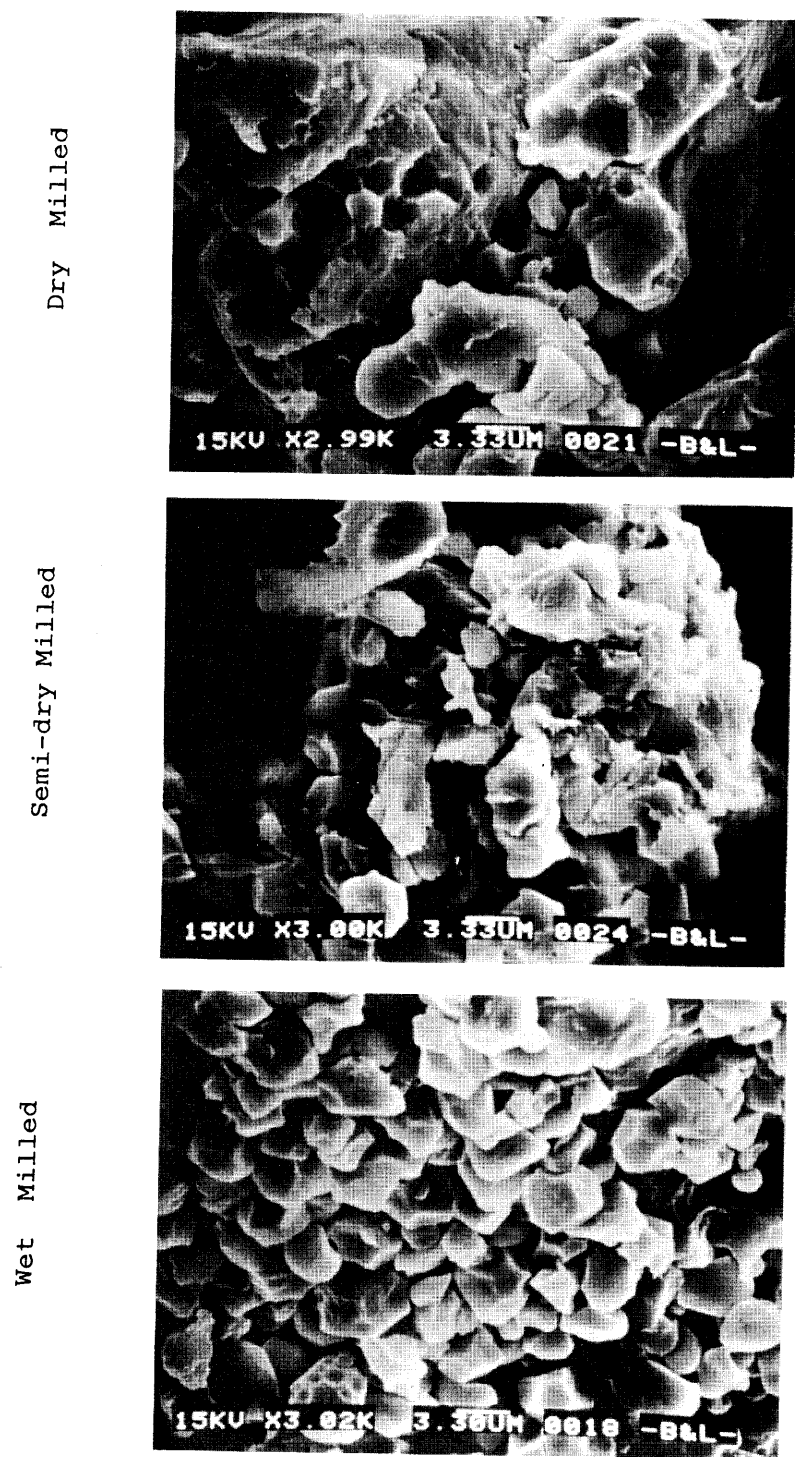
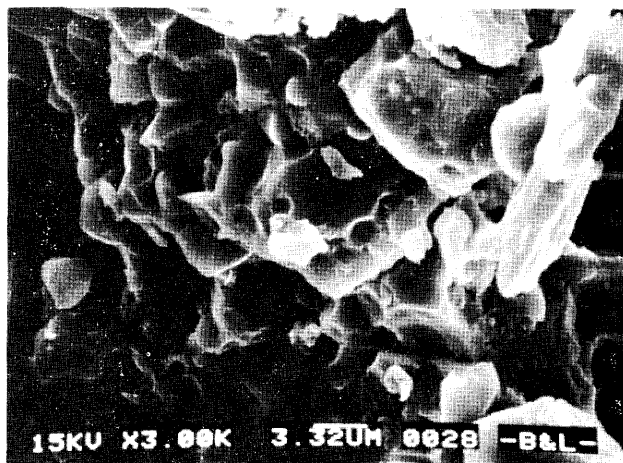
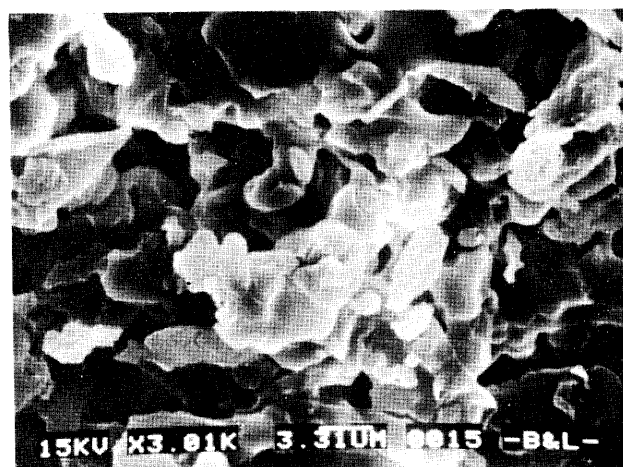


圖10 不同處理米粉之掃描電子顯微鏡觀察
Fig. 10. Scanning electron micrographs of different milled rice flour of Tainung 70.

Dry Milled



Semi-dry Milled



Wet Milled

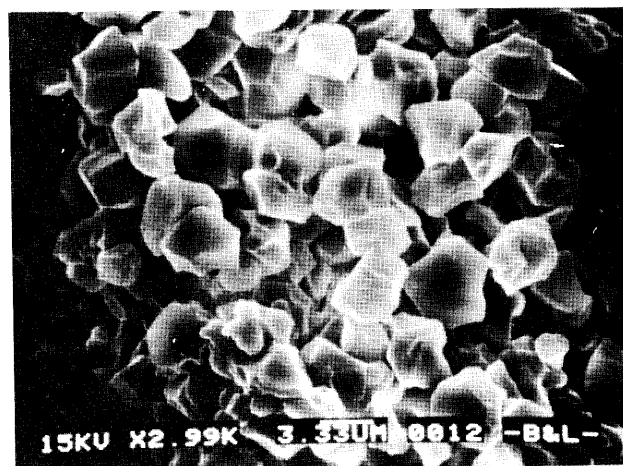


圖11 不同處理米粉之掃描電子顯微鏡觀察

Fig. 11. Scanning electron micrographs of different milled rice flour of Taichang Sen 10.

顆粒不同程度的損害，以半乾磨處理言，由大分子變成小分子，破壞了分子間的鍵結所以在糊化時所須糊化焓較小。而在濕磨處理時，對澱粉損害最小。所以糊化焓最大。

十一、米粉顆粒之電子顯微鏡觀察：

由圖10~11所示，乾磨及半乾磨處理米粉、澱粉及蛋白質結構 (starch-protein matrix) 依然緊密。濕磨處理時則可看到澱粉顆粒的單獨存在。有學者提到，米澱粉顆粒包圍在蛋白質網狀內，且顆粒相當的小且呈多角狀，並不易分離。在濕磨處理時，可能因部份之蛋白質流失，使得蛋白質—澱粉之結合力減弱所致。

十二、加工產品試做：

以乾磨粉及半乾磨粉製造米雪片 (rice flakes)，在色澤上，得知乾磨粉製造者較為品評員接受。在四種產品方面比較，以臺中秈10號乾磨粉在整體接受性最佳。

結 論

由以上結果得知，不同的磨粉方法，對於米粉的理化特性有着不同的影響。而且不同的特性在米粉的利用和加工扮演着重重要的角色。在臺灣，稻米過剩問題一直是個嚴重問題，如增加稻米利用是加工業者所努力方向，而要解決的第一個問題，便是如何適當的把米磨成粉。希望本篇研究能對米食加工業者，尤其是米磨粉廠能有所助益。

參 考 文 獻

1. 宋勳 1986 稻米品質分級與改良 四十年來臺灣地區稻米生產改進專集。
2. 吳錦城 1984 實用中國米食譜 禮來出版社。
3. 楊啓春、賴惠民及呂政義 1984 食澱粉分離法之改進 食品科學 11(3-4): 158。
4. 漢聲雜誌社 1983 中國米食 英文漢聲出版有限公司。
5. A. A. C. C. 1983 American Association of Cereal Chemists Approved Methods, 8th ed. The Association: St. Paul, MN.
6. Bhattacharya, K. R. and Sowbhagya, C. M. 1971 Water uptake by rice during cooking. Cereal Sci. Today. 16: 420.
7. Biliaderis, C. G., Page, C. M. Maurice, T. J. and Juliano, B. O. 1986 Thermal Characterization of Rice Starches: A polymeric approach to phase transitions of granular starch. J. Agric. Food. Chem. 60: 445.
8. Doublier, J. L., Colonna, P., and Mercier, C. 1986 Extrusion Cooking and Drum Drying of Wheat Starch. II. Rheological Characterization of Starch Pastes. Cereal Chem. 63: 240.
9. Evers, A. D., Baker, G. J., Stevens, Chorleywood, D. J. S. 1984 Production and Measurement of Starch Damage in Flour. Starch/Starke. 36: 309.
10. French, D. 1984 Organization of starch granules. p. 232. In "Starch: Chemistry and Technology", Whistler et al ed. AP Inc., N. Y.
11. Gaines, T. P. and Mitchell, G. A. 1979 Chemical Methods for Soil and Plant Analysis. p. 79-82 in: Agronomy Handbook No.1. University of Georgia Coastal

12. Ghiasi, K., Hosenev, R. C., and Varriano-Marston, E. 1982 Gelatinization of wheat starch I. Excess-water system. *Cereal Chem.* 59: 81.
13. Holm, J., Bjorck, I., Asp, N. G., Sjoberg, L. B., and Lundquist, I. 1985. Starch Availability in Vivo After Flaking, Steam-cooking and Popping of Wheat. *J. Cereal Science.* 3: 193.
14. Hosenev, R. C. 1986 Wet Milling: Production of Starch, Oil, and Protein. In "Principles of Cereal Science and Technology". The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
15. Juliano, B. O. 1972 The rice caryopsis and its composition. In "Rice Chemistry and Technology," Houston, D. F. (Ed.). Amer. Assoc. of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, MN.
16. Juliano, B. O., and Perdon, A. A. 1975. Gel and molecular properties of nonwaxy starch. *Die Starke.* 4: 115.
17. Juliano, B. O., Perez, C. M., Blakeney, A. B., Castillo, T., Kongseree, N., Laignelet, B., Lapis, E. T., Murty, V. V. S., Paule, C. M., and Wobb, B. D. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch/Starke.* 33: 157.
18. Kainuma, K., Matsunga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, B. 1981 New enzyme system beta-amylase-pullanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch and product. *J. Jap. Soc. Starch, Sci.* 28: 230.
19. Lii, C. Y., and Chang, S. M. 1986 The physico-chemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. In "Post-harvest prevention of paddy/rice loss," Council of Agriculture Executive Yuan. R. O. C.
20. Little, R. R., Hilder, G. B. and Dawson, E. H. 1958 Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled whole rice. *Cereal Chem.* 35: 111.
21. Mercier, C., and Feillet, P. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chem.* 52: 283.
22. Melcalf, S. L., and Lund, D. B. 1985. Factors affecting water uptake in milled rice. *J. Food. Sci.* 50: 1676.
23. Nishita, K. D., and Bean, M. M. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem.* 56: 185.
24. Nishita, K. D., and Bean, M. M. 1982. Grinding methods: their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* 59: 46.
25. Perez, C. M. 1979 Gel Consistency and viscosity of rice. In "Proceeding the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality". International Rice Research Institute.
26. Perez, C. M., and Juliano, B. O. 1988. Varietal differences in quality characteristics of rice layer cakes and fermented cakes. *Cereal Chem.* 65: 40.
27. Rao, G. V. 1979 Wet wheat milling. *Cereal Food World.* 24: 344.
28. Synder, E. M. 1984 Industrial microscopy of starch. pp. 663. in: *Starch:*

Chemistry & Technology. Whistler et al ed. AP Inc., N. Y.

29. Zobel, H. F. 1984 Starch gelatinization and mechanical properties. pp. 285
In Starch: Chemical & Technology. Whister et al ed. AP Inc., N. Y.

討 論

余增廷問：

濕磨會破壞澱粉的結構，而濕磨的產品之 consistency 較好，不知其相關性如何？對製品的產品種類有何關係？

盧訓答：

濕磨步驟會產生熱，而造成澱粉粒結構之變化，以及部份糊化，因此使澱粉顆粒之糊化溫度提前，而膠質化情形與 Natural starch 不同，以致有較好之 consistency，即較不硬實 (firm)，在產品上會影響咀嚼感及質地，像米果類或許較理想，因為有膠性又不過度硬實。

Studies on the Physico-Chemical Properties of Rice Flour by Using Three Milling Techniques

S. Lu, W. C. Chen, and C. Y. Lii

National Chung-Hsing University and Institute of Chem, Academia Sinica

ABSTRACT

Rice milling is an ancient art. Traditionally three methods were used to make rice flour in Taiwan, i. e. dry milling, semi-dry milling, and wet millin. Two varieties of rice (Tainung 70: amylose content 19%, Taichung Sheng 10: amylose content 18.3%) were milled by these three methods. The chemical components as well as physico-chemical properties were also examined. Thd dry milking rice flour showed the highest chemical components than the others. Scanning Electron Microscopy (SEM) observations indicated that there were different granule structure in these three milling process. The flour which made from dry and semi-dry milling methods still showed the protein-starch matrix structure, but not in the wet milling method. The water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) data indicated the orders as follows: semi-dry>dry>wet milling. The pasting characteristics of flours showed that the semi-dry milling process had the lowest pasting temperature, setback viscosity, and enthalpy. From all results we concluded that the different milling methods showed the different physico-chemical properties of rice flour, and their characteristics play an important role in rice processing and utilization.