

米量與磨粉時間對批式乾磨精白米粉物性 之影響

黃俊儒¹ 須文宏² 邱詩揚²

1.宜蘭技術學院食品科學系講師

2.宜蘭技術學院食品科學系副教授

摘要

本實驗針對單一米種精白米的批式磨粉操作，探討不同磨粉入料量與磨粉時間對磨粉過程溫度，及米穀粉粒徑分佈、溶解度、破損澱粉含量等物性品質的影響。實驗結果顯示，入料量與磨粉時間兩因子對磨粉溫度、溶解度、及破損澱粉含量均有顯著影響($P < 0.001$)，其交互影響亦顯著($P < 0.001$)。入料量越高、磨粉時間越長，則磨粉溫度越高，破損澱粉含量也有增加的趨勢，但米穀粉溶解度則隨入料量不同而變化，低入料量（50g）時，溶解度隨磨粉時間增加而增加，高入料量（200g）時，則反而隨磨粉時間延長而降低。

關鍵詞: 米、乾磨、粒徑分佈、溶解度、破損澱粉

Effects of rice feeding amount and milling period on physical properties of milled rice powder during the batch dry milling process

Jin-Ru Haung¹, Wen-Hung Hsu² and Shy-Yang Chiou²

1. Instructor of Department of Food Science, National Ilan Institute of Technology

2. Associate Professor of Department of Food Science, National Ilan Institute of Technology

ABSTRACT

During the batch dry-milling process, two major factors are influencing on the physical properties of milled rice flour. These two factors are rice feeding amount and milling period. Four variables were discussed, including the milling temperature, particle size distribution, solubility and damage starch content. The results reveal these two factors, rice feeding amount and milling period, were significantly leading the changes of milling temperature, solubility, and damage starch content ($P < 0.001$) and their cross effects were also with significant influence ($P < 0.001$). As these two factors increasing, the milling temperature is raising and the amount of damaged starch is also increasing. The change of solubility was followed with the differences of feeding amount. The lower feeding amount (50g) would result the increasing solubility with continuously milling. The higher feeding amount (200g) would bring the opposite situation.

key word: Rice, Dry milling, Particle size distribution, Solubility, Damaged starch

一、前言

中國自古以農立國，稻米則是農業產值最大的農作物[1]。以稻米作為原材料進行的加工研究，一直是國內穀類加工研究之主流，這主要導因於經濟成長，飲食習慣之改變，期望能增加米食之消費量，以消耗國家儲米壓力[2]。

諸多之研究中，可以發現米製品之檢驗分析過程中，"磨粉"在前處理步驟扮演了一個相當重要之角色。米穀之磨粉方式可分為乾磨，半濕磨與濕磨三種[3][4][5]，其中乾磨則是最常使用之製粉方法。所謂乾磨乃是藉著機械研磨方式以達到粉碎之目的，其澱粉破損率較其它之磨粉方式為高，但具有容易大量製備之好處。

在米穀相關研究之檢驗分析過程中，有許多使用乾磨製備樣品穀粉，以進行進一步分析的例子。在陳等[6]測定破損澱粉及凝膠延展性方法中，使用 1kg 原料米，以 turbo mill、cyclone mill、hammer mill 等進行乾磨後之穀粉經 100mesh 過篩者進行分析；王等[1]探討不同顆粒大小的米穀粉，對其物性及熱焔特性之影響，以旋風式磨粉機磨粉後，經由電磁式搖篩機振盪過篩 30 分鐘，取分佈於 40~250 mesh 之米穀粉顆粒進行各項物性分析；陳等[7]及楊等[8]進行米澱粉分離分析中，則將乾燥之澱粉分別以磨粉過 100 及 80 mesh 之篩網備用；須等[2]進行穀式乾燥米穀粉沖泡後之物性探討中，其前處理方法為米穀經角柱型乾式磨粉機乾磨後過 80 mesh 篩網備用；呂等[9]則僅提到稻米經脫殼、碾成精白後再磨碎成適當大小顆粒以進行理化性質分析。上述諸多報告中之實驗設計，均僅提及研磨之機械方法及研磨後分析用之穀粉粒徑大小，作為米穀製粉的定性方式。而原料在磨粉時的入料量（速率）、磨粉的時間，均完全未提及。然而此些因素應該也會對米穀粉之各種物性產生影響。因此，針對不同磨粉進料量、不同研磨時間下之米穀粉物性差異分析，有進一步深入探討之必要。

本研究以單一米種的批式乾磨操作為對象，探討不同入料量（50g、100g、150g、200g）與不同磨粉時間（30sec、60sec、120sec、180sec、300sec）對磨粉溫度、米穀粉粒徑分布（particle size distribution）、溶解度（solubility）及破損澱粉含量（damaged starch）等物性之影響，期作為未來米穀粉實驗分析工作時之參考。

二、材料與方法

（一）實驗材料

使用稻米為台農 67 號(TNu67)，購自彰化縣花壇鄉農會，為 1997 年第一期稻作之精白米，以塑膠桶封裝並置於 5 冷藏室備用。

（二）米穀粉製備

原材料米稱重，取 50g、100g、150g、200g 等四種不同批式之磨粉入料量，以桌上型中藥磨粉機（柯化儀器公司，宜蘭）研磨成粉，研磨時間分別為 30、60、120、180、300sec。

（三）實驗分析方法

1、磨粉溫度：

於磨粉機蓋上鑽孔，並裝置熱電偶溫度計(Tes 1310 Type-K thermometer Tes Electrical Electronic Corp.)，測量磨粉 300 sec 過程中之溫度變化（裝置如圖一）。

每次磨粉之起始溫度為 30℃，樣品測定均採三重覆。

2、粒徑分布測定

使用篩網組合分別為 80 mesh（孔徑大小為 180 μm）、100 mesh（孔徑大小為 150 μm）、120 mesh（孔徑大小為 125 μm）、140 mesh（孔徑大小為 105 μm）、200mesh（孔徑大小為 75 μm），最下一層為底盤。以電腦自動控制搖篩機(Fritsch model, Germany)進行 30 min 震盪，秤量各層重量，做不同粒徑粉體之累積重量百分比分布分析。

3、破損澱粉含量測定

破損澱粉含量依 AACC[10]方法測定。取適當重量米穀粉(We, 14% moisture basis)及 0.05g 之 α -amylase (A0273, Sigma Co., USA)，加入 pH 4.6- 4.8 之醋酸緩衝溶液 45ml，攪拌均勻後置於 30℃ 水浴槽中進行 15min 水浴，而後取出分別加入 3ml, 3.68N 硫酸溶液與 2ml, 12%鎢酸鈉溶液充分搖晃均勻，靜置 2min，以濾紙 (Whatman NO.4) 過濾。過濾過程中，最初的 8-10 滴濾液不予收集。將收集到之濾液取 5ml 置入三角錐瓶，加入 10ml 鐵氰化鉀溶液，20min 沸水浴，再充分冷卻後滴入 25ml 醋酸鹽溶液與 1ml starch-KI 溶液，以 0.1N 硫代硫酸鈉標準滴定溶液滴定至藍色消失為反應終點。以鐵氰化物消耗量求出 maltose 之量後再換算成破損澱粉含量。

$$\text{damaged starch \%} = [0.082 \times (\text{mg maltose}/10\text{g flour})] / \text{We}$$

4、溶解度之測定

採用 Leach 等[11]、Lii 等[12]及 Schoch[13]方法並加以改良。取適當之粉量樣品(乾磨粉取介於 100-120 mesh 篩網

間的米穀粉)於 250 ml 離心瓶中，加入 150 ml 65 °C 溫水充分混合後，同溫下水溫震盪 30 min，以 6000xg 離心 20 min 後收集上澄液，以 105 °C 烘乾 24 小時後稱重(W)，以下列公式計算可得溶解度值。

$$\text{溶解度}(\%) = (W / \text{粉重}) \times 100$$

5、統計分析

採用統計套裝軟體系統(SAS Institute Inc., Cary, NC)，做二維變異統計分析及 Duncan's 多重差距檢定，比較各因子差異程度在 $\alpha = 0.05$ 以下的狀況。

三、結果與討論

(一) 磨粉過程的溫度變化

表一為台農 67 號精白米在批式乾磨過程中溫度變化之情形。結果顯示，不論每批入料量的多寡，磨粉過程之溫度均隨磨粉時間之增長而升高，且每一時間階段 (0sec、60sec、120sec、180sec、300sec) 其溫度均有顯著性的變化差異($p < 0.001$)。由於乾磨過程中，主要藉由機械力的撞擊、摩擦、以及穀粉間的碰撞達到粉碎的目的，因此，在磨粉過程中亦同時會伴隨熱量產生[6]，使磨粉過程溫度增加。此外，由圖二顯示，50g 入料之升溫曲線，明顯較其他升溫曲線平緩，應是由於入料量少，因而碰撞摩擦所產生之熱量相對大幅減少，加上此一系統並非絕熱系統(adiabatic system)，熱量持續散失，故溫度上升之情形較其他多量進料狀況平緩許多。

就相同磨粉時間而言，表一顯示磨粉初期 (30sec) 時，不同入料量間溫度並無明顯差異，而隨著磨粉時間延長 (>60sec)，入料量 50g 之磨粉溫度便一直與 100g、150g 及 200g 之入料有顯著性的差異($p < 0.001$)，推測原因乃是由於少量入料在短時間即已充分細碎，而多量入料中則仍有大顆粒持續存在，而乾磨過程中產熱的重要因子之一即為粉碎機構與大顆粒間碰撞的結果，因此，短時間即已充分粉碎的少量入料，其碰撞產熱便遠低於多量入料狀態，而呈現出磨粉過程之溫度一直較其他三種入料量之磨粉溫度明顯為低的狀況 (如圖二)。

隨著磨粉時間的增加，可以發現三種較多入料量間磨粉溫度的消長情形。在磨粉初期 (磨粉時間 60sec)，三者間磨粉溫度無明顯差異，當磨粉時間達 120sec 時，入料量 100g、150g 仍無差異，但開始與 200g 之入料磨粉溫度產生明顯差異，直至磨粉時間 300sec，入料量 100g、150g 間之磨粉溫度才出現明顯差異，而入料量 150g、200g 間的溫度差異卻又消失。上述現象可以解釋為在 200g 大量入料下，大顆粒米穀長時間未能被充分細碎，以至於機械碰撞之熱量持續發生，而產生與較少入料量間磨粉溫度的差異。至於磨粉時間 300 秒時，即使 200g 的大量入料，粉體已被均勻細碎，但由於量多、擁擠，故而摩擦碰撞機會仍多，此時入料量之多寡便與磨粉溫度呈現正相關之現象 (如圖二)。

(二) 不同磨粉條件粒徑分佈

圖三所示為不同入料量在不同磨粉時間下，穀粉之粒徑累積分佈圖。由圖中可看出磨粉時間愈長，米粒被破碎之情況愈嚴重，大顆粒(180 μm)之米穀粉量愈來愈少。由累積分佈變化曲線可發現，入料量 50g、磨粉 30sec 時，其粒徑分佈曲線十分平緩，顯示穀粉顆粒大小分佈均勻，而當磨粉時間延長至 60、120、180、300sec 時，其曲線斜率則顯著增加，顯示磨粉時間之增長，較細的米穀粉量持續增加，但在磨粉時間 120sec 至 300sec 之累積分佈曲線均呈現相似之走勢，可知磨粉時間對入料量 50g 而言，除了磨粉前期 (30sec、60sec) 有較明顯差異外，再延長磨粉時間對米穀粉的粒徑分佈影響不大。

入料量 100g、150g、200g 在 30sec 的磨粉後，穀粉幾乎全部集中於 180 μm -120 μm 的粒徑間，120 μm 以下粒徑的較細穀粉幾乎不存在，且滯留於 180 μm 篩網上之較大顆粒穀粉的比例，也以 200g 入料量者為最高(60.71%)，其次為 150g(55.02%)、100g(48.10%)，可知入料量愈多時，愈不易於短時間內粉碎，所以大顆粒穀粉存在比例越高。此外，若以大顆粒穀粉的重量來看，在 30sec 的磨粉後，200g 入料量滯留於 180 μm 篩網上之穀粉重量為 121.42g，而入料量 150、100、50g 者，則分別為 82.53、48.10、28.00g，可以證實磨粉過程中高入料量，在相同磨粉時間下，大顆粒穀粉存在的重量也相對較高。此結果亦可印證表一當中磨粉溫度變化之結果。

(三) 同磨粉入料量對米穀粉物性之影響

1. 破損澱粉含量

表二為米穀粉之破損澱粉含量差異結果。從表中可發現，在相同的磨粉時間下，磨粉進料量越大，其澱粉破損率恆越高，除了在較短的磨粉時間外 (30sec)，200g 入料量所產生的米穀粉，其破損澱粉均與其他較少入料量之米穀粉有顯著差異($p < 0.001$)，此趨勢與磨粉溫度變化趨勢十分類似。再由上述粒徑分佈結果中，高入料量會持續存在較多的大顆粒穀粉，可以推論多量的大顆粒穀粉，由於高度的碰撞摩擦產熱，造成溫度的較高幅度上升外，同時也造成了破損澱粉的大量生成。

圖四表現不同磨粉進料量間破損澱粉含量的關係，圖中每一組的圖柱代表同一磨粉時間下，不同進料量間破損澱粉含量的比較。顯示低進料量 (50g、100g) 在磨粉時間低於 120sec 的狀況下，其間的破損澱粉含量並無明顯差異

($p < 0.001$)，而高入料量之破損澱粉含量，則是在短時間內迅速拉高。雖然說以不同磨粉方式而言，乾磨方式的破損澱粉含量，均遠高於濕磨與半濕磨的方法[3]，但，由圖三和表二可發現，即使在同為乾磨的方式下，在磨粉 300sec 後，200g 入料量的穀粉破損澱粉含量 (27.11%) 也較 50g 入料量者 (16.72%) 多出約 10% 的破損澱粉。因此，可明顯看出批式磨粉操作下，磨粉入料量對乾磨穀粉品質的嚴重影響。

2. 溶解度

表三顯示不同磨粉狀況下米穀粉溶解度的變化。由表三可發現，磨粉時間較短時 (30sec)，入料量越多，溶解度有越高的趨勢。溶解度之增高，一般認為是由於磨粉過程中溫度升高，米穀粉中大分子受熱崩解成小分子，以至於水溶性小分子數量增加[14][15]。另一方面，溶解度實驗中均使用 100-120mesh 間的穀粉作實驗，高入料量，在磨粉初期有較高度的摩擦碰撞，導致同樣細度的穀粉中，含有較多的澱粉破損 (表二)，因此，可溶性的小分子數量較多，溶解度自然較高。

圖五則表示在不同磨粉時間下，進料量間米穀粉溶解度變化的消長情形。由圖五可以發現除了在磨粉初期(30sec)時，穀粉溶解度隨著入料量有升高的趨勢外，隨著磨粉時間的延長，米穀粉的溶解度反而隨入料量的增加而減少。此一現象的發生或可解釋為，低入料量米穀粉在持續的機械作用下，破損澱粉量雖低，但各種大小不同粒徑之米穀粉間其澱粉破損分佈均勻，但，高入料量之細穀粉，則由於持續有大顆粒穀粉受強烈機械作用產生細緻的穀粉，因此，大量的破損澱粉均集中於較細的穀粉間，反而在 100-120mesh 間的穀粉破損較少，因而導致可溶性小分子反而低於低入料量穀粉。確切原因，仍有待進一步實驗。

(四) 不同磨粉時間對米穀粉物性之影響

1. 破損澱粉含量

從表二可發現同一入料量均呈現隨磨粉時間之增長，破損澱粉含量增加的趨勢，且入料量越高，其隨研磨時間之增加導致的破損澱粉含量的差異也越顯著，以入料量 200g 來看，隨研磨時間的延長，其破損澱粉含量均呈顯著差異 ($p < 0.001$)。此結果與王等[1]報告中所述米穀粉顆粒愈小，破損澱粉含量愈高是吻合的。另由圖三之累積分佈曲線來看，研磨時間愈長，米穀粉顆粒分佈也愈趨向於細粒度，此亦與 Nishita and Bean[16]研究中提到之「米穀粉顆粒粒度愈小，破損澱粉含量愈高」結果相符。

由圖四可明顯看出相同入料量下，破損澱粉含量隨研磨時間增加的情形。在低入料量 (50g) 時，研磨 30 秒後之破損澱粉含量為 10.5%，而研磨 300 秒後的破損澱粉含量則為 16.72%，僅增加 6.22%，但隨著入料量的增加，研磨 300 秒與 30 秒間破損澱粉含量的增加量則分別為 11.38% (100g 入料)、9.57% (150g 入料)、13.80% (200g 入料)，顯示高入料量，會導致研磨過程中隨時間延長有較多破損澱粉的增加。

2. 溶解度

表三和圖五可明顯呈現相同入料量下磨粉時間對米穀粉溶解度的影響。在低入料、長時間(50g, 300sec)磨粉，及高入料、短時間(200g, 30sec)磨粉的情況下，顯示出最高的米穀粉溶解度值，對 50g、100g 的低入料量而言，延長磨粉時間有增加溶解度的效應，但 200g 的高入料量卻呈現隨磨粉時間延長而溶解度值下滑的趨勢。以往研究均指出由於磨粉時間增長，其顆粒粒徑愈小，一方面由於破損澱粉含量愈高，造成水溶性物質增加[2]，另一方面由於和水的總接觸面積增加[1]，使得澱粉之溶解度也隨之增加，此外磨粉過程中溫度之升高，亦會使米穀粉中大分子受熱崩解成小分子，導致溶解度增高[14][15]。但本實驗中 200g 入料量時所呈現隨磨粉時間增長，反而溶解度降低的情形，應是由於實驗中溶解度測量取樣為介於 100-120mesh 間的米穀粉，而在 200g 大量入料的磨粉過程中，由於大顆粒米穀粉漸次減少，磨粉初期形成含有大量澱粉破損的米穀粉在持續磨粉中，均形成粒度更細的穀粉，而介於 100-120mesh 間的米穀粉樣品，反而是在磨粉過程後段中機械摩擦作用較不劇烈下的產品，因此，才造成隨著磨粉時間的延長，溶解度不升反降的情形。

由圖五也可看出，在 50g 入料量下，磨粉時間 120sec 以上，溶解度才有突然升高的情形，而 200g 入料量下，在磨粉初期過後溶解度即下降。

(五) 米穀粉品質受各分析因子的交互影響評估：

1. 磨粉時間和入料量的交互影響作用：

由表一、表二、表三均顯示，無論是磨粉溫度、破損澱粉含量、或溶解度的變化，均受到磨粉時間及入料量的顯著影響，同時兩因子的交互影響(Cross effects)亦為顯著($P < 0.001$)。因此，就批式磨粉而言，欲取得固定品質的米穀粉，磨粉時間與入料量均為必須嚴重關切的實驗因子。

2. 磨粉溫度與破損澱粉含量的相關性評估：

圖六是磨粉溫度與破損澱粉含量的一次迴歸線圖，結果顯示磨粉溫度與破損澱粉含量兩因子的 r 值為 0.828，相關性極高。由於破損澱粉含量測定過程複雜，磨粉過程溫度測定則極為簡單，因此，在本實驗操作狀況下，以下式 (破損澱粉含量、%) = $0.183 \times$ (磨粉溫度、) + 2.063

可以由磨粉溫度適度估計出破損澱粉含量。

四、結論

在批式乾磨的機構下，米穀粉的物性品質確實受到磨粉前入料量與磨粉時間兩因素的顯著影響。實驗結果顯示，隨著入料量的增加與磨粉時間的延長，磨粉溫度均有顯著上升的趨勢，也同時導致米穀粉中破損澱粉含量的顯著增加，這種現象的發生，主要應是由於大顆粒米穀與磨粉機構碰撞產熱所致，由米穀粉粒徑累積分佈的結果，也支持著此一推論。在王等[1]實驗中，曾指出米穀粉之溶解度隨顆粒愈小而逐漸增加，但本實驗則進一步證明，在相同的穀粉粒徑下，磨粉入料量，和磨粉時間的不同，米穀粉溶解度也會有顯著的不同，低入料量時，米穀粉溶解度會隨磨粉時間增加而增加，但高入料量時則反而減少。

五、參考文獻

1. 王俊權、張永和(1997),「顆粒大小對米穀粉物理性質及熱焔特性的影響」,食品科學,第24卷,第319-330頁。
2. 須文宏、余嚴尊、黃俊儒(1997),「前處理對鼓式乾燥米穀粉沖泡後物理性質之影響」,食品科學,第24卷,第5期,第580-590頁。
3. Bean, M. M.(1986),” Rice flour - Its Functional Variations”, Cereal Foods World, Vol. 31, pp.477-490.
4. 陳文志(1988),「不同碾磨技術對米粉理化特性之研究及新產品之開發」,中興大學食品科學研究所碩士論文。台灣,台中。
5. 盧訓、林靜淑、林子清(1995),「不同浸漬條件與脫水方式對濕磨米磨粉之理化特性影響」,食品科學,第22卷,第426-437頁。
6. 陳季洲、盧訓、呂政義(1998),「磨粉方法對糯性米穀粉理化特性之影響」,中國農業化學會誌,第36卷,第272-282頁。
7. 陳季洲、盧訓(1998),「梗糯品種稻米澱粉理化特性分析」,中國農業化學會誌,第36卷,第311-322頁。
8. 楊啟春、賴惠民、呂政義(1984),「磨抹粉及米澱粉在不同條件下之糊化性質」,食品科學,第11卷,第158-169頁。
9. 呂政義、張永和(1988),「稻米理化性質與擠壓加工處理對其入口品質之影響」,稻米品質研討會專集,第31-43頁。台灣,彰化。
10. American Association of Cereal Chemists (1983),” Approved method of the AACC”, 8th edition, Ed. by St. Paul, Mn.
11. Leach, H.W., McCowen L.D., and Schoch, T.J. (1959),” Structure of starch granules . Swelling and Solubility Patterns of Various Starch.”, Cereal Chem., Vol.36, pp.534-550.
12. Lii, C.Y., Chang, H.L., and Yang, H.L. (1986),” Correlation Between the Physicochemical properties and the Eating Quality of Milled Rice in Taiwan.”, Bull. Inst. Chem. Academic Sinca., Vol.33, pp. 55-62.
13. Schoch, T.J. (1964), "Method in Carbohydrates Chemistry." , Vol. 4, pp.106-108, Ed. by Whistler R.L. Academic Press, New York.
14. Unnikrishnan, K.R. and Bhattacharya, K.R. (1981), “ Swelling and solubility behavior of parboiled rice flour.”, J. Food Technol. , Vol.16, pp.403-418.
15. Mercier, C. and Fillet, P. (1975), “Modification of carbohydrate components extrusion-cooking of cereal products.”, Cereal. Chem., Vol.52, pp.283-296.
16. Nishita, K.D. and Bean, M.M. (1982), “Grinding methods: their impact on rice flour properties.”, Cereal Chem., Vol.59, pp.46-59.

91年08月30日投稿

91年10月07日接受

表一.不同入料量與不同研磨時間下,對米穀粒磨粉溫度之影響

Table 1. Effects on milling temperature of rice flour with different feeding quantity and milling time

Feeding Quantity (g) \ milling time (sec)	50	100	150	200	source	SS	df	MS	F
30	44.0 ± 2.6 L	51.7 ± 2.3 KL	48.3 ± 4.9 L	52.7 ± 1.2 KL	Milling time	26435	4	6609	732.96***
60	52.0 ± 2.6 KL	62.7 ± 2.3 J	60.7 ± 4.7 JK	65.7 ± 2.1 IJ	Feeding quantity	3298	3	1099	121.93***
120	64.0 ± 2.6 J	81.0 ± 1.7 GH	80.7 ± 3.1 GH	85.7 ± 3.1 FG	Cross effects	597	12	50	5.52***
180	73.7 ± 3.2 HI	93.7 ± 2.3 DEF	95.7 ± 2.3 DE	100.7 ± 2.1 CD	Error	361	40	9.0167	
300	90.7 ± 4.0 EF	107.7 ± 2.3 BC	114.7 ± 1.5 AB	118.7 ± 5.7 A	Total	30691	59		

表二. 不同入料量與不同研磨時間之破損澱粉含量

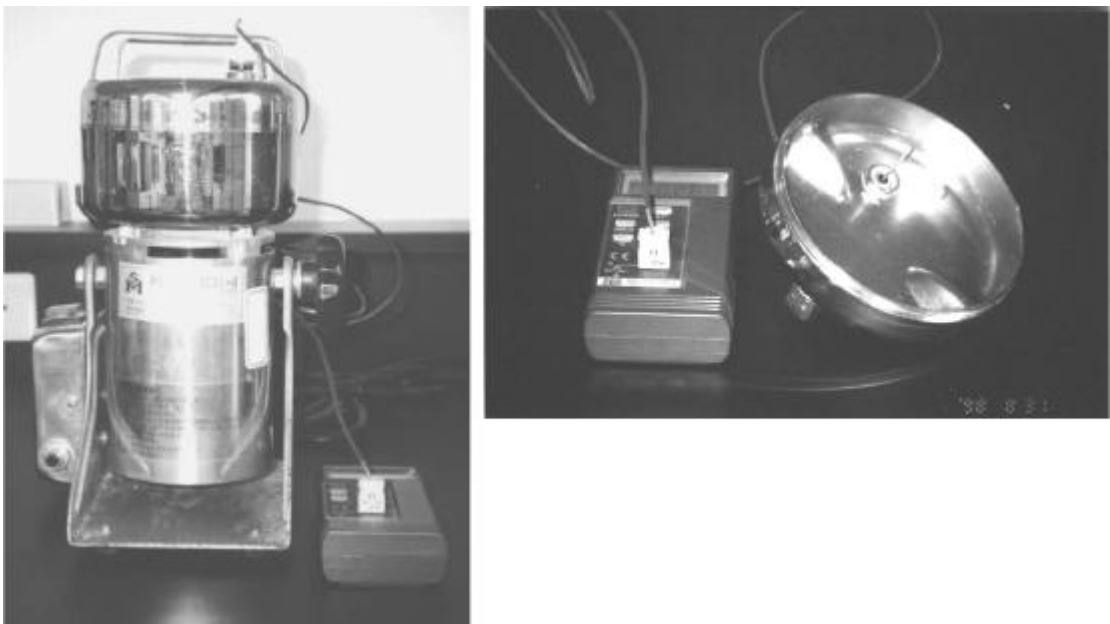
Table 2. The percentage of damaged starch of rice flour with different feeding quantity and milling time

Feeding quantity (g) \ milling time (sec)	50	100	150	200	source	SS	df	MS	F
30	10.50 ± 0.37 I	10.52 ± 0.46 I	13.54 ± 0.95 HG	13.31 ± 0.29 H	Milling time	792.50	4	198.12	372.03***
60	12.32 ± 0.22 HJ	12.90 ± 0.51 H	12.85 ± 0.42 H	15.86 ± 0.43 EF	Feeding quantity	336.81	3	112.27	210.82***
120	13.12 ± 0.82 H	13.02 ± 0.16 H	15.96 ± 0.24 EF	18.38 ± 0.52 CD	Cross effects	94.60	12	7.88	14.8***
180	13.94 ± 1.62 FG	15.78 ± 1.28 EF	18.98 ± 0.13 C	23.51 ± 0.13 B	Error	21.3	40	0.5326	
300	16.72 ± 1.39 DE	21.90 ± 0.93 B	23.11 ± 0.54 B	27.11 ± 0.50 A	Total	1245.2	59		

表三. 不同入料量與不同研磨時間,對米穀粉溶解度之影響

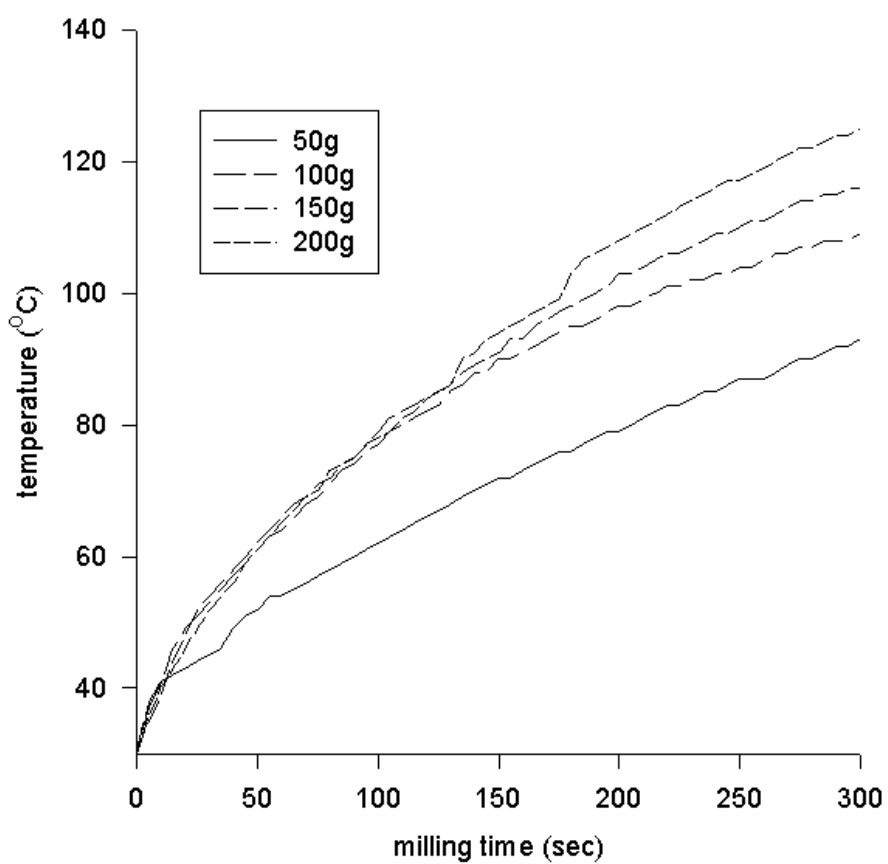
Table 3. Effects on solubility of rice flour with different feeding quantity and milling time during the 65 water

Feeding quantity (g) \ milling time (sec)	50	100	150	200	source	SS	df	MS	F
30	3.81 ± 0.25 F	5.07 ± 0.32 CDEF	4.53 ± 0.28 EF	8.20 ± 0.55 AB	Milling time	49.78	4	12.45	27.74***
60	5.14 ± 0.93 CDEF	5.06 ± 0.12 CDEF	4.17 ± 0.54 F	4.60 ± 0.84 DEF	Feeding quantity	14.98	3	4.99	11.13***
120	4.78 ± 0.78 DEF	5.00 ± 0.17 CDEF	5.47 ± 1.19 CDEF	3.88 ± 0.52 F	Cross effects	124.60	12	10.38	23.14***
180	9.37 ± 0.72 A	6.61 ± 1.17 BCD	5.34 ± 0.31 CDEF	3.80 ± 0.25 F	Error	17.95	40	0.45	
300	8.27 ± 1.06 AB	6.93 ± 1.02 BC	5.23 ± 0.16 CDEF	4.13 ± 0.05 F	Total	207.31	59		



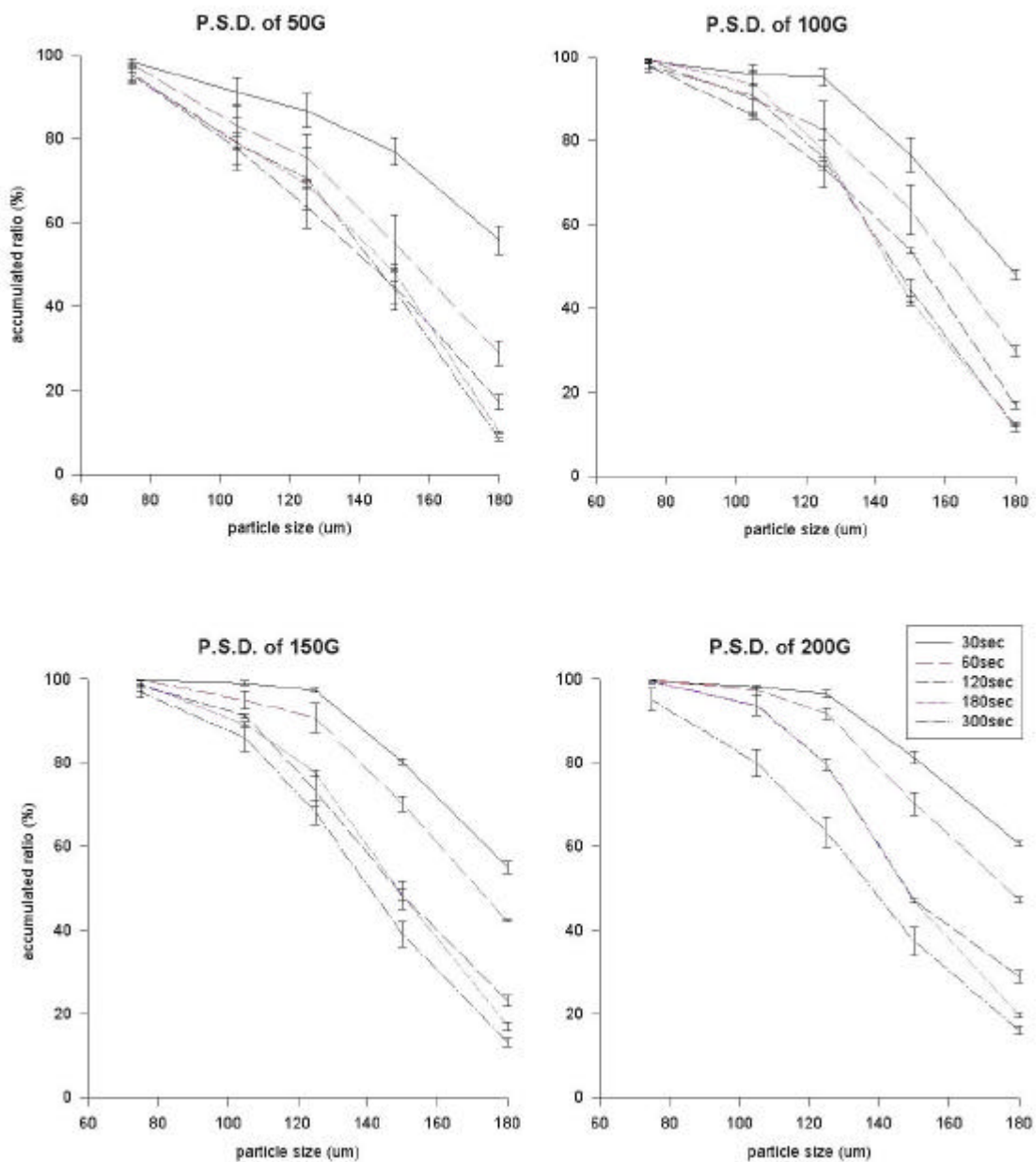
圖一：桌上型磨粉機及溫度測定裝置

Fig 1. The table drying-miller and the temperature measuring set



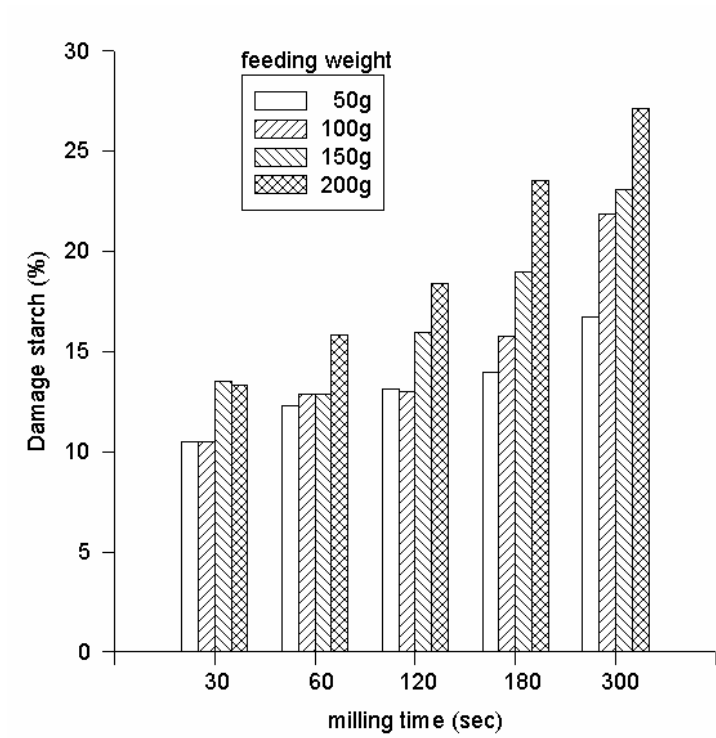
圖二：批式乾磨過程中的溫度變化

Fig 2. The temperature change during the batch dry-milling procedure



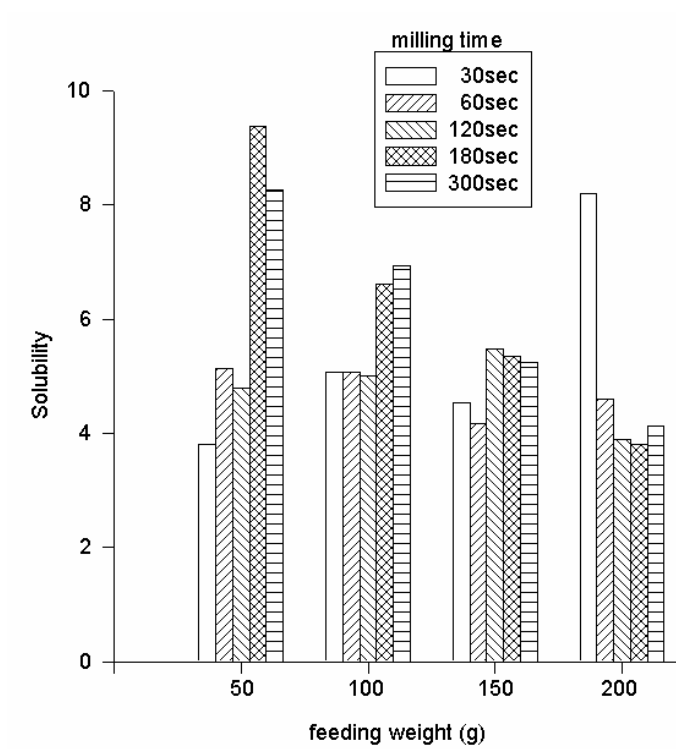
圖三.不同入料量與研磨時間對米穀粉顆粒粒徑分布之影響

Fig. 3. Effects on particle size distribution (PSD) of rice flour with different feeding quantity and milling time



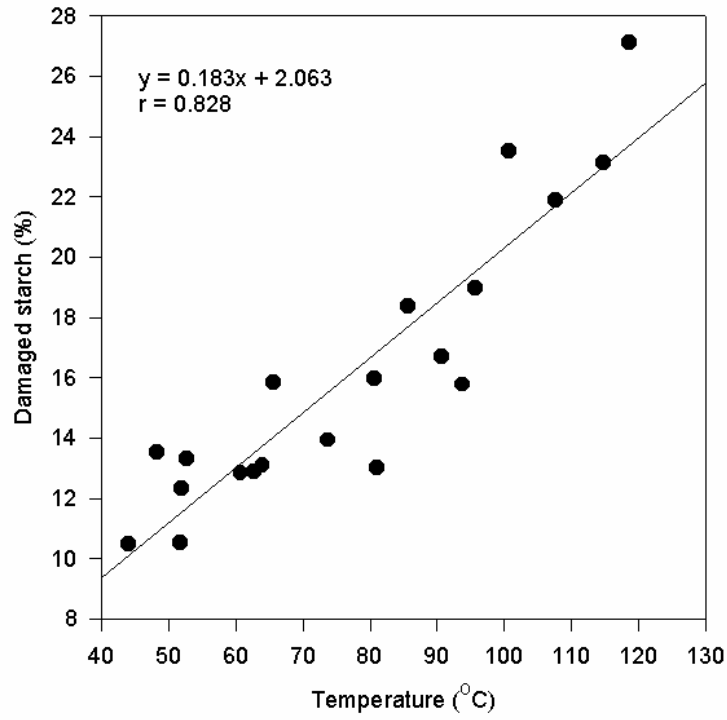
圖四：批式乾磨過程中，米穀粉的破損澱粉含量變化

Fig 4. The amount change of damaged starch of rice flour during the batch dry-milling procedure



圖五：批式乾磨過程中，米穀粉溶解度的變化

Fig 5. The change of solubility of rice flour during the batch dry-milling procedure



圖六：批式乾磨操作下，磨粉溫度與米穀粉破損澱粉含量關係圖

Fig 6. The relationship between milling temperature and the amount of damaged starch in the batch dry-milling procedure.

