



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 乾、濕磨及粒徑分佈對糯米穀粉擠出物物性之影響

### Effects of dry-, wet-milling and particle size distribution on the physical properties of waxy rice extrudates

計畫編號：NSC 89-2214-E-002-023

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：葉安義 教授 國立台灣大學 食品科技研究所

#### 一、中文摘要

本研究探討乾、濕磨及粒徑分佈對糯米穀粉擠出物黏彈性質、比機械能(SME)之影響，發現乾磨比濕磨產生較多的破損澱粉，且隨平均粒徑的降低而顯著增加。動態測試值與平均粒徑、SME有顯著的正相關( $r^2=0.81\sim0.96$ )；而在蠕動測試中，乾磨粉粒徑降低時，彈性模數  $G_1$  降低而延滯時間  $\lambda_{ret.}$  增加，濕磨粉平均粒徑降低時，黏性模數  $\mu_3$  隨之增加。

**關鍵詞：**黏彈性質、動態測試、蠕動測試、比機械能

#### Abstract

The effects of dry-, wet-milling and particle size distribution on viscoelastic properties of extrudates made from waxy rice flour, and specific mechanical energy (SME) were investigated. It was found that dry-milling yielded flour with more damage starch than wet-milling and the more reduction of mean particle size (MPS), the more starch damage was. Results showed significant correlation coefficients ( $r^2=0.81\sim0.96$ ) between MPS, SME and the dynamic test values. In creep test, the smaller MPS of dry-milled flour caused the lower elastic modulus  $G_1$  and the longer retardation time ( $\lambda_{ret.}$ ). While the decrease of MPS of wet-milled flour resulted in the increase of the viscous modulus  $\mu_3$ .

**Keywords:** viscoelastic properties, dynamic test, creep test, specific mechanical energy

#### 二、緣由與目的

糯糰為中國傳統米製點心食品，其香Q可口的質感頗受消費者喜愛；目前業界多以濕磨糯米穀粉為原料，經蒸煉機蒸煮、加糖攪拌、冷卻而製成台式糯糰，由於濕磨粉製成之產品品質較佳，故為業者所採用，但濕磨過程產生之大量廢水會引發環保問題；如使用乾磨粉則無此顧慮，而乾磨過程可能造成米澱粉之破損致使產品品質無法被消費者接受，則是多數業者不願貿然使用乾磨粉的主因。

乾磨法及濕磨法對米穀粉之粒徑分佈、灰分、脂質等皆有影響<sup>[1]</sup>；粉體越細之米穀粉於連續黏度分析儀(amylograph)中呈現較低的糊化溫度，但有較高尖峰黏度<sup>[2]</sup>。在相同粒徑範圍內，乾磨粉較濕磨粉之吸水性指數高；破損澱粉越多會使米穀粉易於糊化<sup>[3~4]</sup>。濕磨米穀粉之破損澱粉量較乾磨低，製成碗粿的質地及感官品評結果也較佳<sup>[5]</sup>。利用粒徑不同之米穀粉的糊化特性，調配不同粗細的米穀粉，可製成具特殊質地的產品，因此調粉技術是米穀粉工業發展中的一項重要技術。

本研究探討乾、濕磨以及不同粒徑對米穀粉擠出物物性之影響，以確立擠壓製造糯糰的原料適用規格，並以食品流變學的原理，建立產品分析模式。期能將研究所得順利使單軸擠壓機取代蒸煉機及攪拌機，促進製程連續化，增加產量與節省人工，並提升該產業之生產技術。

#### 三、材料與方法

本研究採用台中糯 70 號米(彰化溪州

88 年第 I 期稻作)為原料，分別以乾式磨粉機(hammer mill)與濕式研磨機磨粉並篩分成 40~60、60~80、80~100、100~150、150~200 mesh 與通過 200 mesh 等六種粒徑區分之糯米穀粉，貯存於-20°C 備用。以國產單軸擠壓機進行實驗，穀粉預調濕至水分 35%，進料時再以泵調整至 45%，總進料速率 8 kg/hr，螺軸轉速 100 rpm，擠壓溫度 95 °C，並使用直徑 10 mm 之圓形模口，線上以扭力計測定扭力後換算比機械能。產品擠出後立刻以真空包裝袋承裝密封以防水分散失，於室溫下放置 12 小時平衡後，進行動態測試(dynamic test)，蠕動測試(creep test)與質地剖面分析(texture profile analysis, TPA)。各粒徑區分之原料粉亦測定其粒徑分佈 (particle size distribution)、破損澱粉(damage starch)、粗灰分(crude ash)與粗脂質(crude lipid)含量，以分析比較磨粉方式造成的成分與粒徑差異對產品物性的影響。

#### 四、結果與討論

##### 1. 乾、濕磨粉粒徑分佈與成分分析之比較

乾磨與濕磨後的糯米穀粉經過篩程序篩分成六個區分便測定其粒徑分佈，並進行成份分析。兩種磨粉方式雖以同樣的篩網過篩，但粒徑分佈與組成成分仍有顯著差異。由圖一與圖二可知，乾磨粉的分佈呈現單一波峰的型態，出現位置與篩網大小成正比；濕磨各區分則呈現一大一小兩個波峰的分佈，粒徑大的波峰與篩網大小成正比，而粒徑小的則幾乎固定在 1~10  $\mu\text{m}$  範圍內。由表一也可發現，同一區分的濕磨粉平均粒徑皆小於乾磨粉，由此可知，濕磨的小顆粒在篩粉時即黏附在大顆粒上一起被篩出。這些小顆粒都分佈在同一位置，根據大小來推測應該是糯米澱粉顆粒單元。從表一亦可知道濕磨粉的平均粒徑雖比乾磨小，但破損澱粉含量卻不高(不到 2%)，即使通過 200 mesh 區分的含量也不超過 3%。而乾磨所有區分的破損澱粉都大於 2%，通過 200 mesh 的含量更高達 32.77%(d. b.)。乾磨粉的粗灰分與粗脂

質含量皆隨粒徑的降低而有增加趨勢，濕磨粉則無顯著變化。整體而言，乾磨粉的粗灰分含量明顯比濕磨粉高，顯示在濕磨過程中，有一些水溶性物質被水帶走。

##### 2. 乾、濕磨粉粒徑對產品動態測試的影響

由圖三可知，隨著平均粒徑增加，貯存模數( $G'$ )與耗損模數( $G''$ )，皆有顯著上升的趨勢，乾磨粉的相關係數較高( $r^2 > 0.8$ )，濕磨粉則較低。由圖四則可以看出隨著比機械能的增加，產品的  $G'$ ,  $G''$  都有增加的趨勢，但卻以濕磨粉的相關性較好( $r^2 > 0.9$ ) 可能是乾磨粉的破損澱粉所造成；由於粒徑降低，破損澱粉增加；因而導致  $G'$ ,  $G''$  下降。而濕磨粉之破損澱粉含量低且不隨粒徑降低而顯著變化(見表一)，因此，濕磨粉產品的  $G'$ ,  $G''$  與粒徑的相關性較差；反之，由於破損澱粉較少，故在擠壓機測到的比機械能與產品物性相關性較高。而乾磨粉因澱粉顆粒已先受到破壞，故其比機械能所呈現的數值便與產品性質稍有差異。若以乾、濕磨原料粉調濕成 45% 進行溫度掃描(圖五、圖六)，便可以發現，乾磨粉的大粒徑區分在 67°C 附近有  $G'_{\text{max}}$  出現，隨平均粒徑的降低，此  $G'_{\text{max}}$  逐漸消失但低溫部分的  $G'$  值卻陡然升高。濕磨粉則沒有如此明顯的現象，推測也應是乾磨粉低粒徑區分的高破損澱粉含量的緣故。

##### 3. 乾、濕磨粉粒徑對產品蠕動測試的影響

經由蠕動測試的分析，將 Burger's Model<sup>[6]</sup> 中各單元的組成模數整理於表二，可發現， $G_1$ 、 $\lambda_{\text{ret}}$  對應乾磨粉的平均粒徑以及比機械能時具有較顯著的趨勢，隨著平均粒徑的降低，Maxwell 模式的彈性模數  $G_1$  降低而延滯時間  $\lambda_{\text{ret}}$  增加，產品趨向於顯得柔軟而具延滯感，應是破損澱粉增加所導致。濕磨粉平均粒徑降低，產品 Maxwell 模式的黏性模數  $\mu_3$  則隨之增加。除此以外其餘模數與粒徑的相關性並不顯著。

##### 4. 乾、濕磨粉粒徑對質地剖面分析的影響

隨乾磨粉粒徑降低而增加，磨粉方式與粒徑對其餘質地剖面分析數值並不造成顯著差異(如表三)。可能因 TPA 測試本身便容易形成一些無法避免的試驗誤差，通常以提高取樣數與試驗數來盡量克服這個問

題，但若磨粉方式及粒徑變化所造成的影響並未大過於試驗誤差，其差異將無法由 TPA 感測得知。相較之下，動態測試與蠕動測試較 TPA 適合作為評估乾、濕磨與粒徑影響的測試方法。

### 五、計畫成果自評

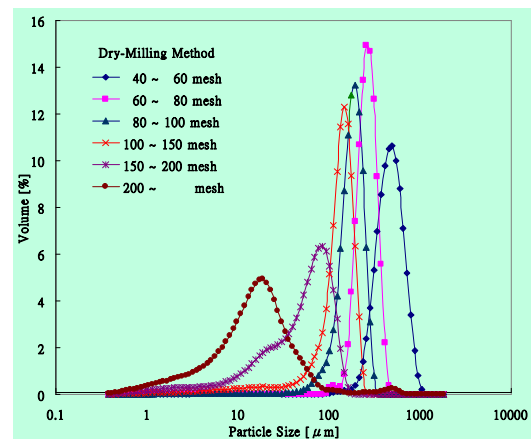
本計畫之完成有助於瞭解乾磨與濕磨糯米穀粉經擠壓蒸煮後的黏彈性變化，對原料粉的特性以及磨粉方式的選擇改進，具有相當好的參考價值。在評估黏彈性質時亦瞭解質地剖面分析在模擬巨觀的品評動作雖有其優點，但在細部的感官測定上仍有侷限，從實驗結果瞭解到在探討下一年度主題”不同的添加物對糯米穀粉擠出物物性與儲存特性之影響”時，添加物對質感所產生的細微改變，動態測試應是較 TPA 靈敏的感測方法，而在評估添加物影響與時間有關的儲存特性時，以蠕動測試較為適當；惟光靠一種物性測定方式要模擬、定量食品的感官特質，確有其困難，因此未來在整合各相關方法上，仍有許多待深入探討的空間。

### 五、參考文獻

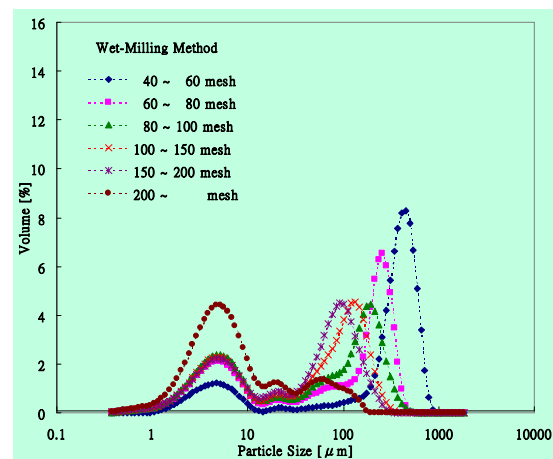
- [1] 盧訓，呂政義. 1989. 不同碾磨法對米粉理化性質之影響及米雪片之試製. 食品科學. 16: 22.
- [2] 陳文志. 1988. 不同碾磨技術對米粉理化特性之研究及新產品之開發. 國立中興大學食品科學
- [3] Jomduang, S. and Mohamed, S. 1994. Effect of amylose/amylopectin content, milling methods, particle size, sugar, salt and oil on the puffed product characteristics of a traditional thai rice-based snack food(Khao Kriap Waue). J Sci Food Agri. 65:85-93.
- [4] Nishita, K. D. and Bean, M. M. 1982. Grinding methods: Their impact on rice flour properties. Cereal Chem. 59:46-49.
- [5] 沈瑞昇. 1998. 磨粉方法對米穀粉理化特性及米食製品質地之影響. 國立中興大學食品科學研究所碩士論文。
- [6] Steffe, J. F. 1992. Rheological Methods in Food Process Engineering. P.168-194.

Freeman Press, East Lansing, Michigan, U. S. A.

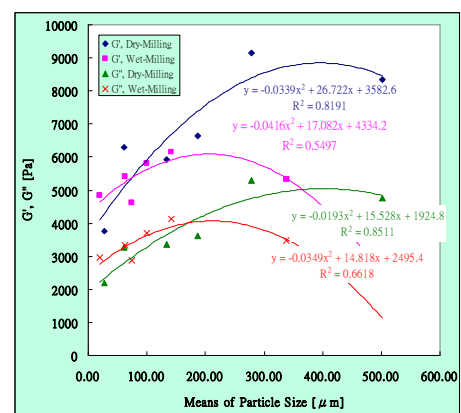
### 六、圖表



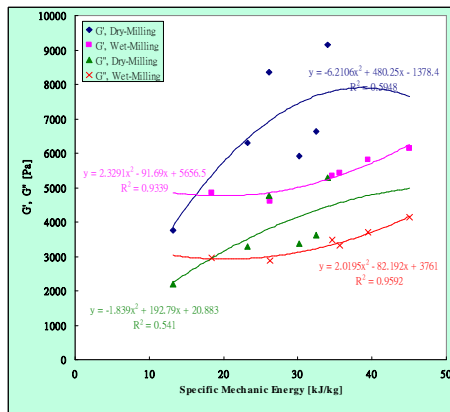
圖一、乾磨糯米穀粉過篩區分後之粒徑分佈



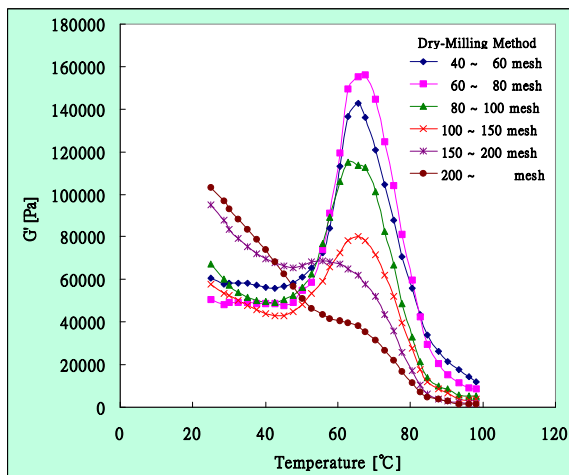
圖二、濕磨糯米穀粉過篩後之粒徑分佈



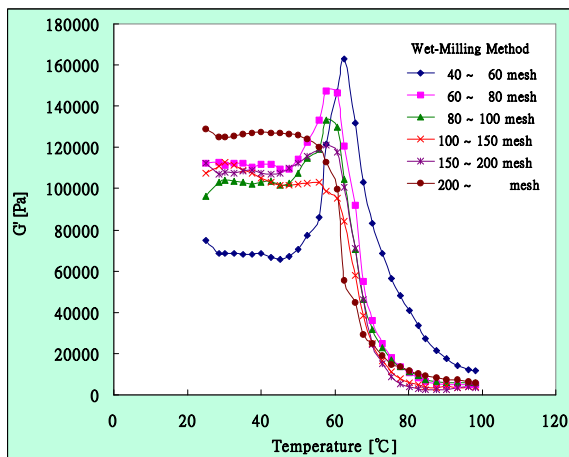
圖三、乾、濕磨粉粒徑對動態測試的影響



圖四、比機械能與產品貯存模數、耗損模數、複數黏度之相關性



圖五、不同粒徑區分之乾磨粉溫度掃描圖



圖六、不同粒徑區分之濕磨粉溫度掃描圖

表一、乾、濕磨糯米穀粉各區分之平均粒徑與各成分之比較

Milling Method	Fraction (mesh)	* Particle Size <sub>m</sub> (μm)	Damage Starch (%)	Crude Ash (%)	Crude Lipid (%)
DM	40 ~ 60	501.90	2.11	0.39	0.42
	60 ~ 80	277.50	3.40	0.36	0.54
	80 ~ 100	186.00	5.21	0.31	0.41
	100 ~ 150	133.00	8.01	0.31	0.42
	150 ~ 200	60.63	17.88	0.45	0.78
	200~	26.93	32.77	0.62	1.13
WM	40 ~ 60	338.00	1.31	0.19	0.83
	60 ~ 80	141.60	1.59	0.20	0.68
	80 ~ 100	99.62	1.50	0.21	0.63
	100 ~ 150	74.20	1.37	0.18	0.60
	150 ~ 200	62.06	1.58	0.19	0.71
	200~	19.92	2.87	0.17	0.51

\* Particle Size<sub>m</sub>: The mean of particle size

DM: dry-milling method

WM: wet-milling method

Damage Starch, Crude Ash, Crude Lipid: % Weight in dry basis

表二、乾、濕磨粒徑對蠕動測試的影響

Milling Methods	Fraction (mesh)	* Particle Size <sub>m</sub> (μm)	SME (kJ/kg)	G <sub>1</sub>	μ <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	λ ret.	μ <sub>2</sub>
DM	40 ~ 60	501.90	26.12	8768.0	1746961	2807.9	36.0	100842.4
	60 ~ 80	277.50	34.00	12470.0	4023380	5101.1	36.1	180716.4
	80 ~ 100	186.00	32.43	8605.4	2203994	3122.8	37.9	118073.5
	100 ~ 150	133.00	30.19	6851.9	2983113	2699.4	39.6	106354.2
	150 ~ 200	60.63	23.27	7679.0	4535891	4163.3	40.4	169914.9
	200~	26.93	13.14	4654.5	1598308	1784.5	40.4	71848.2
WM	40 ~ 60	338.00	34.70	6874.7	1033791	1493.2	37.6	56010.2
	60 ~ 80	141.60	45.07	7923.6	1526948	1456.2	37.7	54760.3
	80 ~ 100	99.62	39.41	6854.3	1666482	1632.0	38.4	62505.1
	100 ~ 150	74.20	26.33	5585.7	1049698	1193.4	38.2	45584.2
	150 ~ 200	62.06	35.72	7698.9	1762350	1925.5	36.8	70492.3
	200~	19.92	18.40	6391.5	2099466	1687.9	38.0	64068.4

\* Particle Size<sub>m</sub>: The mean of particle size

DM: dry-milling method

WM: wet-milling method

Damage Starch, Crude Ash, Crude Lipid: % Weight in dry basis

表三、乾、濕磨粒徑對TPA測試的影響

Milling Methods	Fraction (mesh)	* Particle Size <sub>m</sub> (μm)	Hardness	Adhesiveness	Elasticity	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
DM	40 ~ 60	501.90	301.0	102.4	1.15	0.85	259.2	301.5
	60 ~ 80	277.50	387.3	85.1	1.13	0.86	334.6	377.5
	80 ~ 100	186.00	331.8	86.2	1.15	0.87	292.4	337.9
	100 ~ 150	133.00	324.7	149.5	1.17	0.85	284.1	335.7
	150 ~ 200	60.63	360.9	214.6	1.19	0.78	285.6	337.2
	200~	26.93	299.3	142.1	1.21	0.84	253.0	304.7
WM	40 ~ 60	338.00	278.0	91.7	1.17	0.89	248.8	291.3
	60 ~ 80	141.60	301.8	112.8	1.15	0.86	264.9	305.2
	80 ~ 100	99.62	308.4	102.4	1.15	0.88	273.5	316.4
	100 ~ 150	74.20	282.8	164.5	1.22	0.85	240.4	293.9
	150 ~ 200	62.06	431.0	123.4	1.14	0.79	340.5	384.8
	200~	19.92	337.2	132.1	1.19	0.83	275.3	328.1

\* Particle Size<sub>m</sub>: The mean of particle size

DM: dry-milling method

WM: wet-milling method

Damage Starch, Crude Ash, Crude Lipid: % Weight in dry basis