

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

麵條壓延製程最適化之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2214-E-041-004-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學餐旅管理系

計畫主持人：廖宏儒

計畫參與人員：葉美呂

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中華民國 92 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告
期中進度報告

麵條壓延製程最適化之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91 - 2214 - E - 041 - 004 -

執行期間： 91年8月1日至92年7月31日

計畫主持人：廖宏儒

共同主持人：

計畫參與人員： 葉美呂、蔡揚智

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：嘉南藥理科技大學餐旅管理系

中華民國 九十二年 十月 三十日

摘要

麵糰壓延 (dough sheeting) 為非常重要的食品加工單元操作，廣泛的應用在許多食品的製程上例如烘焙及麵條製品。雖然壓延製程影響麵帶流變特性與產品品質的機制尚不清楚，然而壓延製程對於最終產品品質具有決定性影響是無庸置疑的，例如最終麵帶均一的厚度、麵條烹煮吸水性、麵條最終的咬感品質等皆與壓延製程息息相關。深入了解壓延時麵帶流變特性為本研究探討重點。本計畫針對輥輪壓延時不同製程條件對於麵帶流變特性關係的探討，探討壓延製程中加水量、壓延組合 (多重壓延輥輪組之壓延比組合) 原料麵粉規格與麵帶流變特性的相互關係。

關鍵詞：麵糰壓延、麵帶流變特性、壓延組合

Abstract

The sheeting of dough is an important unit operation in many industrial food production processes and is a preferred method applied for the production of baked foods and oriental noodle products. Although the mechanism is yet clear, the importance of the sheeting process on the product quality is undeniable. Extensional viscosity is an important parameter since the dough gets extended when they are passing through the rollers. The extensional viscosity of the dough sheet can affect the process modeling and design. This research studied the rheological properties of the dough sheet under different sheeting process conditions; especially evaluating the extensional viscosity of the dough sheet by using the established lubricated squeezing flow techniques. The relationship between rheological properties, product quality and the sheeting process conditions such as water absorption of the dough and flour variation were investigated.

Key words: dough sheet, rheological properties, extensional viscosity

一、前言

許多製麵師傅從其經驗中知道，麵條製作時麵糰在經過多次連續密實壓延後，可得口感極 Q 的麵條，然而到底是什麼樣的機制導致此結果並不清楚，尤其是考慮到機械化量產時空間及經費限制、原料麵粉的變異、不同麵條製品加水量的差異等等因素，何種壓延組合才能獲得最佳的製品品質乃是極迫切需要解決的問題，將技術建立在學理基礎來提昇麵條製品品質乃是將麵條推廣為全球性食品的唯一途徑，這也是本計劃的目的 - 針對麵條壓延製程品質最適化之探討。

二、研究目的

深入了解麵帶流變特性對於加工程序的模擬及設計是非常重要的。因此本計畫目的乃針對輥輪壓延時不同製程條件對於麵帶流變特性的探討。如壓延製

程中加水量、壓延組合（多重壓延輥輪組之壓延比組合）及原料麵粉規格與麵帶流變特性的關係。進而建立麵帶流變特性預測模式及麵帶最佳壓延比組合之學理依據，達到產品最佳品質之量產製程最適化的目的。

三、文獻探討

許多製麵師傅從其經驗中知道，麵條製作時麵糰在經過多次連續密實壓延後，可得口感極 Q 的麵條，然而到底是什麼樣的機制導致此結果並不清楚，尤其是考慮到機械化量產時空間及經費限制、原料麵粉的變異、不同麵條製品加水量的差異等等因素，何種壓延組合才能獲得最佳的製品品質乃是極迫切需要解決的問題，將技術建立在學理基礎來提昇麵條製品品質乃是將麵條推廣為全球性食品的唯一途徑，這也是本計劃的目的 - 針對麵條壓延製程品質最適化之探討。

麵糰壓延（dough sheeting）為非常重要的食品加工單元操作，廣泛的應用在許多食品的製程，例如義大利麵製品（pasta products）、餅乾（crackers and cookies）、比司吉（biscuits）、土司麵包（bread）、比薩皮（pizza crust）、馬鈴薯脆片（potato chips）及麵條製品（oriental noodle）等。有關麵條壓延製程麵帶流變特性（rheological properties of dough sheet）的變化與產品品質相互關係的研究報告並不多，雖然壓延製程影響麵帶流變特性與產品品質的機制尚不清楚，然而壓延製程對於最終產品品質具有決定性影響是無庸置疑的，例如最終麵帶厚度的均一、麵條烹煮吸水特性、麵條最終的咬感品質等皆與壓延製程麵帶流變特性的變化息息相關。

以往有些相關之研究報告指出壓延對於麵帶品質具有影響。例如 Feillet 等人在其文獻報告中描述 pasta products 經由壓延時麵筋蛋白會有重排（protein rearrangement）的現象，麵筋蛋白重排的程度（degree of rearrangement）與麵帶通過輥輪組（a pair of rollers）的次數有關⁽¹⁾。Nagaswa 也在其研究麵條的文獻報告中提出類似的現象⁽²⁾；Oh 等人（1985）在文獻報告中描述壓延對於麵條質地（texture）與表面品質特性（surface properties）的關係，推測壓延輥輪組對於麵帶輸入功（work input）是影響產品品質的重要因子⁽³⁾。

另外有些文獻報告關於壓延輥輪應用在麵包製程（bread production）的影響。Stenvert 等人研究指出，經過壓延製程的麵包成品品質較細緻，麵包心孔洞組織較細緻，推論為壓延時輥輪對麵糰所形成的壓力導致麵糰內的氣體排出（degassing of the doughs），麵包組織因此較細緻⁽⁴⁾；Moss 也獲得類似的結論，指出輥輪壓延時輸入功的控制對於產品品質非常重要⁽⁵⁾。

Kilborn 及 Tipples 測量輥輪壓延對麵糰所輸入的功（work input），發現麵糰結構擴展（dough development）可以經由壓延來獲得，與傳統的攪拌缸（traditional mixing）比較，輥輪壓延對麵糰所輸入的能量僅為傳統的攪拌缸的 10-15% 即可獲得相同的麵糰擴展程度⁽⁶⁾。

Levine 應用類似於高分子聚合物壓延製程（Calendering process）的流體力

學 (Fluid mechanics) 原理於麵糰壓延製程，將已知流變模式為 power law 流體在壓延製程中的分析結果應用於麵糰壓延之上，研究已知進料厚度之麵帶於兩組不同尺寸之壓延輥輪在不同的輥輪轉速及間隙下之變化，建立一套可以預測不同壓延條件下輥輪消耗之功率 (power consumption) 及產能 (production rate) 的模式，然而其理論結果與實驗結果的差異性導因於假設麵糰的流變特性為 power law flow 而忽略了 extensional flow 之故。其研究之重要結論為麵糰輸入的功與輥輪尺寸 (dimension) 轉速 (speed) 間隙 (gap size) 及壓延組合 (reduction profile) 與麵帶流變特性及產品品質均具有密切的相關性⁽⁷⁾。Levine 的另一個重要結論乃是了解正確的麵帶流變特性 (rheological properties of dough sheet) 對於加工程序的模擬及設計 (process modeling and design) 是非常重要的。

對於麵帶流變特性的測定 (rheological test for dough sheet) 到目前為止並沒有發展出一致公認的標準測量方法⁽⁸⁾。以往對於麵糰流變的測定皆著重於麵包麵糰 (bread dough) 的一般流變特性 (empirical rheological properties)，許多的儀器也針對此種產品的加水量而設計，例如 Farinograph 及 Extensigraph 等。然而此類儀器並無法應用於加水量更低及基本上受力方式導致麵筋蛋白結構擴展並不同的產品 (traditional mixing vs. sheeting)，如餅乾及麵條。

麵糰 (dough) 基本上由水、麵粉及能量所組成，水的作用使得麵筋蛋白膨潤，而機械能的加入則使得麵筋蛋白結構擴展。而對於不同能量輸入方式所引起的不同的變形方式及麵筋蛋白在過程中所扮演的角色的了解到目前為止並不清楚，例如 extensional flow vs. shear flow。尤其是對於加工時麵糰變形方式的表現為 extensional flow 者如麵糰壓延及擠壓製程的了解更少⁽⁹⁾。由於正確的預測麵帶流變特性對於加工程序的模擬及設計是非常重要的，因此本計劃針對輥輪壓延不同製程條件對麵帶流變特性進行探討。

四、研究方法

(一) 原料麵粉之一般理化性質分析

收集八種原料麵粉依 AACC 方法分析其一般理化特性，包括蛋白質、灰份、含水量、乾麵筋、濕麵筋含量、色澤之分析。

(二) 麵帶製備

取 1 公斤原料麵粉，置於攪拌機 (Hobart, U.S.A.) 內，經不同加水量 (28、29、30、31、32、33、34、35%) 以漿狀攪拌器加水攪拌 25 min 後，以塑膠袋封口靜置熟成 1 hr。之後以實驗室型麵條製麵機 (金星，台中) 壓延熟成後之麵糰，經五次連續壓延至厚度為 1 mm 之麵帶。以圓形壓模器將麵帶截切為直徑 75 mm 之圓形麵帶置於封口袋內熟成 30 min 後，測量其流變特性。

(三) 麵帶延伸黏度測量

麵帶置於質地分析儀 (TA-XT2, Texture Technologies Corp, N.Y., U.S.A.) 之操作平台上，75 mm 之鋁製平板探頭 (aluminum plate) 之下，平板探頭及操作台皆以矽油 (silicone oil) 潤滑使磨擦力之影響降至最低，確保麵帶經壓縮試

驗壓縮至厚度為原始厚度之 54.5% 之後，只產生延伸形變 (extensional deformation)，紀錄應力在壓縮過程中變化。試驗條件設定為，壓縮前及壓縮後之測試速度為 5 mm s⁻¹，鋁製平板探頭以三種不同之測試速度 (0.1, 0.2, 0.3 mm s⁻¹) 壓縮麵帶試樣，每種樣品皆在室溫下進行三次重複試驗。試驗方法及條件設定參考 Limanond, et al. (1999) 所建立之 Squeezing flow viscometry test。

五、結果與討論

本計畫進行八種不同的原料麵粉一般理化性質分析, 利用 AACC 方法進行三次重複試驗，結果如表 1。在延伸黏度方面，利用組織物性儀分析八種不同的原料麵粉之延伸黏度，延伸黏度測量方法之建立，Biaxial stress (σ_B) 經由壓縮力 ($F=F(t)$) 及樣品接觸面積 (A) 可得

$$\sigma_B = F/A = F(t)/ R_0^2$$

Biaxial extensional strain rate (ϵ_B) 經由測試速度 (μ_z) 及麵帶厚度 ($h(t)$) 可得

$$\epsilon_B = \mu_z / (2 h(t))$$

而延伸黏度 (Extensional viscosity (B)) 可由下列方程式計算而得

$$B = \sigma_B / \epsilon_B = 2F(t)h(t) / \mu_z R_0^2$$

流變特性分析(圖 1)數據皆進行三次重複試驗。

表 1 麵粉一般理化性質分析

編號	Moisture %	Protein %	Ash %	Wet Gluten %	Dried Gluten %	Minolta Colour		
						L-value	a-value	b-value
1	13.74	11.57	0.37	32	10.9	92.16	1.25	7.72
2	13.88	11.62	0.39	32.5	11.1	91.74	1.3	8.17
3	14.08	12.75	0.5	36.3	12.5	90.74	-0.88	8.38
4	13.91	12.12	0.41	34.2	11.9	92.06	-1.25	7.65
5	14	12.94	0.54	37.3	13	90.74	-0.85	8.34
6	13.92	12.76	0.47	36.8	12.9	90.77	-0.85	7.77
7	12.81	8.93	0.44	24.1	7.9	92.41	-1.31	6.9
8	12.71	7.21	0.38	19.3	6.6	93.09	-1.35	6.35

延伸黏度實驗結果中發現，以參數最大延伸黏度 ($Max. B$) 最具有代表性，因此本研究以不同的原料麵粉、加水量、輥輪轉速及半徑壓延後之麵帶，其 $Max. B$

與製程條件之關係。發現 $Max. B$ 與加水量具有逆相關性 (表 2、圖 2)，加水量越大， $Max. B$ 則越小，此結果與預期相符，水可以當作一種塑化劑，當加水量越高時，麵帶的延伸黏度越小。另外在相同加水量條件下，Protein %、乾濕麵筋與 $Max. B$ 皆具有正相關 (圖 3)，顯示麵筋蛋白含量越大， $Max. B$ 也越大。另外不同小麥品種麵筋蛋白品質差異是否會影響 $Max. B$ 則需進一步實驗來證實。Ash%、色澤及 Moisture% 與 $Max. B$ 不具統計上相關性。

另外本研究也以不同輥輪轉速、半徑及壓延組合來製作相同厚度麵帶，結果非

常有趣的是，經不同輥輪轉速及半徑壓延後之麵帶，其 $Max. B$ 與輥輪轉速及半徑具有正相關（表 3、圖 4），不過因為經費所限，僅能以三種不同的半徑來進行。初步的結論是輥輪轉速及半徑皆會影響麵帶流變特性，輥輪轉速越高，壓延後之麵帶 $Max. B$ 也越大；滾輪半徑越大，壓延後之麵帶 $Max. B$ 也越大。較高的轉速及較大的半徑會得到較密實及 $Max. B$ 越大的麵帶，對於麵筋蛋白結構的形成具有影響。研究也發現，滾輪壓延時，不同的壓延組合壓延後之麵帶，其麵帶之延伸黏度具有顯著的差異。

圖 1 麵帶延伸黏度試驗

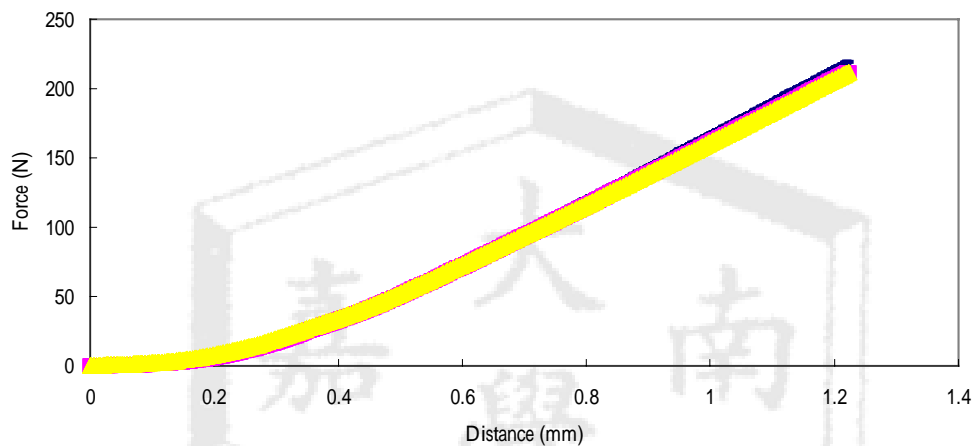


表 2 不同加水量之最大延伸黏度

加水量	最大延伸黏度
28	8000
29	6900
30	7000
31	6700
32	6600
33	5450
34	4000
35	3500

圖 2 最大延伸黏度與加水量關係

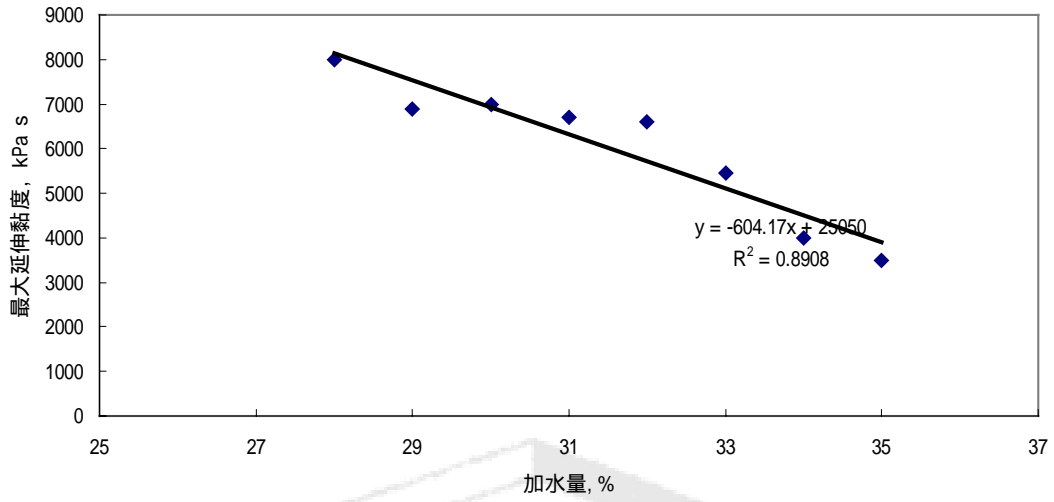


圖 3 不同蛋白質含量與最大延伸黏度的關係

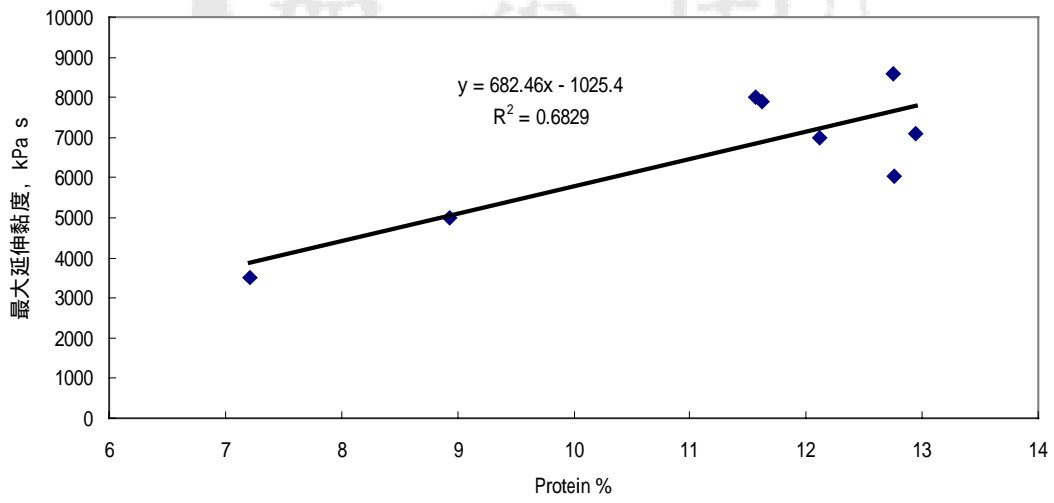


圖 4 不同滾輪轉速壓延後麵帶之最大延伸黏度

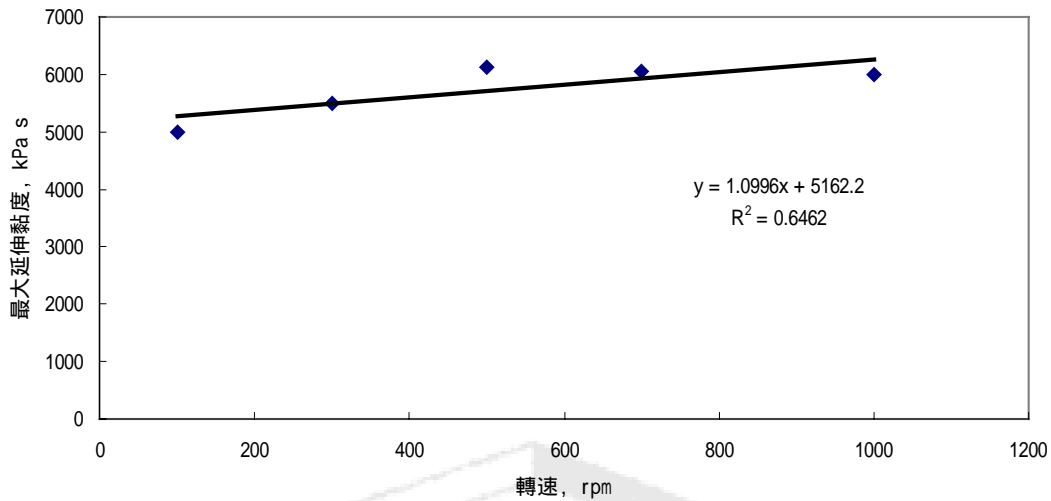


表 3 不同半徑之滾輪壓延後麵帶之最大延伸黏度

半徑, mm	最大延伸黏度
12.5	5000
15	5500
17.5	6120

六、計畫成果自評

本研究計畫進度與原先之規劃相符，內容探討麵條壓延製程中流變性質之變化，研究成果可以提供給一次及二次加工業者，作為麵條粉之選擇及麵條製程最適化之參考依據。本研究發展的麵條粉流變試驗法，用來預測麵帶品質，將可以提供給國內麵粉廠一種合乎學理根據且有效之麵條粉流變特性試驗方法，可以取代目前所使用之方法，如 farinograph extensograph 等。因之本研究成果具實用及經濟價值。另將針對麵條粉流變試驗法提出專利申請。在學術發表上，本研究成果將發表於明年的食科年會及 IFT Annual Meeting，及學術期刊 Journal of Food Process Engineering。

七、參考文獻

- (1) Feillet, P Fevre, E and Kobrehel, K. 1977. Modification of Durum wheat protein during pasta dough sheeting, Cereal Chem. 54:580.
- (2) Watanabe, Y. and Nagasawa, S. J. 1977. A study of the rheological properties of noodle by means of relaxation test.
- (3) Oh, N. H., Seib, P. A. and Chung, D. S. 1985. Noodle II. The surface

- firmness of cooked noodle from soft and hard wheat flours. *Cereal Chem.* 62: 431.
- (4) Stenvert, J. L., Moss, R., Pointing, G. Worthington, G. and Bond, E. E. 1979. Bread production by dough rollers. *Baker's Dig.* 53(4):22.
- (5) Moss, H. J. 1980. Strength requirement of doughs destined for repeated sheeting compared with those of normal doughs. *Cereal Chem.* 57: 195.
- (6) Kilborn, R. H. and Tipples, K. H. 1974. Implication of the mechanical development of bread dough by means of sheeting rolls. *Cereal Chem.* 51: 648.
- (7) Levine, L. and Drew, B. 1990. Rheological and engineering aspects of the sheeting and laminating of dough. In: *Dough rheology and Baked Product Texture*. H. Faridi and J. M. Faubion, Eds. Van Nostrand Reinhold, New York.
- (8) Bloksma, A. H. 1990. Dough structure, dough rheology, and baking quality. *Cereal Foods World* 35: 237.
- (9) Steffe, J. F. 1996. *Rheological methods in food process engineering*. 2nd ed. Freeman Press, USA.
- (10) Wilkstrom, K and Bohlin, L. 1999. Extensional flow studies of wheat flour dough. II. Experimental method for measurements in constant extension rate squeezing flow and application to flours varying in breadmaking performance. *J. of Cereal Sci.* 29(3):227.

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：92年10月30日

國科會補助計畫	計畫名稱：麵條壓延製程最適化之研究 計畫主持人：廖宏儒 計畫編號：NSC 91 - 2214 - E - 041 - 004 - 學門領域：食品科技
技術/創作名稱	麵條粉流變試驗法
發明人/創作人	廖宏儒
技術說明	<p>中文：由於正確的預測麵帶流變特性對於加工程序的模擬及設計是非常重要的，因此本計劃針對輥輪壓延不同製程條件對麵帶流變特性進行探討。發展出與麵帶在壓延製程相同的受力方式之麵帶流變特性試驗法，取代目前麵粉一次加工及二次加工業者仍然採用與麵條粉加水量有極大差異的方法，如 farinograph extensograph 等。</p> <p>英文：The correct estimate of rheological properties of dough sheet during sheeting processes is very important to the process design. The technique is focused on the measurement method of rheological properties of dough sheets, which is applied to the noodle-making processes. The processors to produce the flour or oriental noodle products can use the newly developed method.</p>
可利用之產業及可開發之產品	麵粉一次加工及二次加工業者
技術特點	與麵帶在壓延製程相同的受力方式及加水量之麵帶流變特性試驗法
推廣及運用的價值	國內各大麵粉廠及麵條加工業者。

1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。