

不同小米品種加工適性之探討

陳盈方¹ 彭盈方² 陳信言³ 林學詩⁴

¹行政院農業委員會臺東區農業改良場作物改良課 助理研究員

²行政院國家科學委員會科發基金補助計畫助理

³行政院農業委員會臺東區農業改良場 場長

⁴行政院農業委員會臺中區農業改良場 場長

摘 要

小米營養價值豐富且為優良之全穀食物來源，本研究以小米麻糬為例探討不同小米品種加工適性。研究結果顯示小米臺東 8 號製作麻糬時，經質地剖面分析其物性指標參數於硬度、凝聚性、黏附度、黏性、咀嚼性、回彈性及黏稠性皆有優異表現，顯著優於其他品種之加工適性。小米臺東 9 號加工適性亦優，僅次於臺東 8 號。本研究結果小米臺東 8 號及臺東 9 號極適合多元加工應用製作。

一、前言

小米 (*Setaria italica* (L.) Beauv.) 為一年生禾本科粟屬植物，起源於數千年前，原產地有中國、日本及東印度諸島等，其栽培歷史悠久，是臺灣原住民傳統特色作物，具有宗教及文化之代表性，於部落文化與經濟扮演重要角色，根據農糧署 102 年資料，小米全國種植面積 313 公頃、年產量 573 公噸，種植地區以臺東縣 178 公頃最多，年產量 313 公噸，占全國一半以上，屏東縣次之，其次為高雄市與嘉義縣。依據衛生福利部食品藥物管理署之食品營養分析資料顯示，小米營養成分每 100 公克熱量為 365 大卡、總碳水化合物 71.7 公克、蛋白質 11.3 公克、膳食纖維 (2.2 公克) 並富含鈣 (5 毫克)、鐵 (2.9 毫克)、鋅 (2.3 毫克) 等礦物質，另含有脂溶性維生素 E 與水溶性維生素 B1、B2、B6 及菸鹼素。小米精製過程僅需脫殼，營養成分保留完整、相當於糙米之優良全穀食物，

值得進行開發利用。

臺東場為國內小米育種主要研究機關，研究育種及小米栽培歷史已有 57 年之久，於民國 54 年已選育出臺東選 1 號至 6 號等 6 個優良品種，較原地方品系增產 30~45%，其後又選育出臺東 7 號、臺東 8 號及臺東 9 號等 3 個品種，具有早熟豐產之特性，單位面積產量皆比目前地方栽培品系高，有鑑於小米優良之保健營養價值及其品種多樣性，本研究探討不同小米品種之加工適性，提供做為多元加工利用之參考。

二、材料與方法

(一)試驗原料

以本場育成之小米品種為原料，計有 9 個品種，分別為臺東選 1 號、臺東選 2 號、臺東選 3 號、臺東選 4 號、臺東選 5 號、臺東選 6 號、臺東 7 號、臺東 8 號、臺東 9 號，脫殼處理後做為試驗原料。

(二)試驗方法

1. 小米麻糬製作：參考陳（2010）之方法酌予修改，利用磨粉機將小米進行乾研磨，研磨之穀粉以 30 目（mesh）篩網過濾後進行製作，秤取小米穀粉 135 公克、糯米粉 15 公克，加入水 120 毫升、糖 62 公克，以食物攪拌機低速攪拌混合均勻，靜置 10 分鐘，將小米漿糰以大火蒸炊 20 分鐘，再利用食物攪拌機高速攪拌 5 分鐘後冷卻，分割蒸小米糰（30 公克/個）並整型成圓形。

2. 微生物檢測

(1) 總生菌數檢測：於無菌操作台中秤取 1 公克小米麻糬樣品，加入無菌稀釋液 9 毫升攪拌均質樣品，製備 10 倍稀釋液。分別使用滅菌之吸管，序列稀釋為 100 倍、1,000 倍等稀釋倍數，序列稀釋液各取 1 毫升利用總生菌篩選測試片（Petrifilm Aerobic Count Plate）於 37℃ 培養 24 小時，觀察菌落生長情形。

(2) 大腸桿菌及大腸桿菌群檢測：於無菌操作台中秤取 1 公克小米麻糬樣

品，加入無菌稀釋液 9 毫升攪拌均質樣品，製備 10 倍稀釋檢液。分別使用滅菌之吸管，序列稀釋為 100 倍、1,000 倍等稀釋倍數，序列稀釋液各取 1 毫升利用大腸桿菌及大腸桿菌群篩選測試片（Petrifilm E. coli/Coliform Count Plate）於 37℃ 培養 24 小時，觀察菌落生長情形。

3. 含水率及水活性測定：使用紅外線水分分析儀測定含水率，於溫度 105℃，水分蒸發速率 0.05% /分以下，取 5 公克樣品乾燥至恆定，三重複取得平均值。另利用水活性測定儀測定小米麻糬的水活性，以溫度設定 25℃，取適量小米麻糬放入樣品盒中，體積不超過容器邊緣，將樣品放入儀器中，闔閉機器上蓋開始檢測，檢測完成時讀取水活性數值。
4. 質地剖面分析（Texture Profile Analysis, TPA）：將小米麻糬置於直徑 6 公分乘以高度 8 公分測量黏稠性裝置上，以物性測定儀（Texture Analyzer），做質地剖面分析。其方法是以直徑 2.5 公分之測定棒，上下移動速率 1 毫米/秒，對樣品進行兩次壓縮，所得力與時間曲線圖，分別測得麻糬的硬度（hardness）、凝聚性（cohesiveness）、黏附度（adhesiveness）、黏性（gumminess）、咀嚼性（chewiness）、彈性（springiness）、回彈性（resilience）、黏稠性（stringiness）等八項物理性質分析結果。

(三)加工指標參數

1. 品質指標參數：水活性及含水率。
2. 食品衛生指標菌為大腸桿菌、大腸桿菌群及總生菌。
3. 質地剖面分析參數：硬度、凝聚性、黏附度、黏性、彈性、咀嚼性、回彈性及黏稠性。

(四)數據分析

所有數據以統計分析軟體 SAS Enterprise Guide 4（SAS Institute, U.S.A.）進行最小顯著差異法分析（Fisher's Least Significant Difference, LSD）。

三、結果與討論

小米麻糬加工特性試驗結果如表 1、表 2 所示，各品種之加工特性於含水率、硬度、凝聚性、黏附度、黏度、咀嚼性、回彈性及黏稠性等指標參數具有顯著差異，而水活性及彈性則無顯著差異。製作過程中發現，以臺東選 2 號、臺東選 3 號、臺東選 4 號及臺東選 5 號為原料所製成的麻糬，質地鬆軟不易成型，並且缺乏黏性、回彈性及延展性，較難作為包餡麻糬之外皮，口感則與以米為原料之發糕相似，咀嚼時鬆散易散，於操作製程上較不適合製作麻糬。

前人研究指出水分含量與食品儲藏安定性有關，食品的含水量會影響腐敗和黴菌的發生⁽⁴⁾。食品中水活性的高低，會因為食物內含有多少可溶性固形物而有所不同，而這些可溶物質的種類，包括不同的糖類、鹽類和有機酸等。相對而言不可溶的成分對於食品水活性變化，比較沒有影響。因為各種食品的組成有很大的差別，對水分結合能力亦有所不同⁽¹⁾。由表 1 所示，小米麻糬水活性值比較，各品種於水活性數值無顯著差異，小米麻糬的水活性在 0.969 ± 0.001 至 0.972 ± 0.001 之間，麻糬屬於高水活性之製品⁽¹⁾，微生物容易繁殖，在微生物控制方面至關重要，避免使小米麻糬腐敗而失去食用價值。依微生物分析結果，衛生指標菌皆未檢出，儲架壽命主要與澱粉老化有關，小米麻糬之水分含量則以臺東 8 號($37.423 \pm 0.093\%$)、臺東 9 號($37.770 \pm 0.242\%$)及臺東選 2 號($37.750 \pm 0.266\%$)較高，以臺東選 6 號($34.973 \pm 0.144\%$)最低。各品種製成之小米麻糬其水分含量在 $34.973 \pm 0.144\%$ 至 $37.770 \pm 0.242\%$ 之間，為食品最容易硬化之含水量範圍，因此麻糬在常溫下儲存容易硬化，至多儲存 2 天，屬於保存期限短之食品。

食品的質地剖面分析是模擬食品在口中咀嚼過程，利用物性測試儀進行壓縮變形試驗，取得各項物性參數。參考 Juliano (1985) 對一般質地剖面分析之各項參數定義 (圖 1)，作為本研究之物性分析依據。凝聚性 (cohesiveness) 為第二區域面積除以第一區域面積，黏附度 (adhesiveness) 為第三區域反曲線的面積表示，黏性 (gumminess) 為硬度 (hardness) 乘以凝聚性 (cohesiveness)，

黏稠性(springiness)為時間二除以時間一或以距離之值表示，咀嚼性(chewiness)為硬度(hardness)乘以凝聚性(cohesiveness)乘以黏稠性(springiness)。

小米麻糬進行質地剖面分析(Texture Profile Analysis; TPA)結果如表 1、表 2、表 3 所示，硬度為完成一變形所需的力⁽³⁾，硬度越大表示小米麻糬於品評時較難入口須費力咬合，分析結果各品種間最硬者為臺東選 4 號，臺東 8 號及臺東 9 號中等，臺東選 2 號硬度最低，硬度最大之臺東選 4 號(1186.885 ± 46.856)與最低者臺東選 2 號(985.950 ± 25.374)數值相差 200 (gf)。

凝聚性又可解釋為內聚力，為組成小米麻糬食物本體的內在鍵結強度⁽³⁾，凝聚性越佳表示其內在鍵結強度越強，具有展延性且不易破裂，適合作為包餡麻糬之外皮。分析結果以臺東 8 號凝聚性最佳，其次依序為臺東選 1 號、臺東選 6 號、臺東 7 號、臺東 9 號、臺東選 4 號、臺東選 3 號、臺東選 5 號，最低者為臺東選 2 號，臺東 8 號凝聚性約為臺東選 2 號的 3 倍。

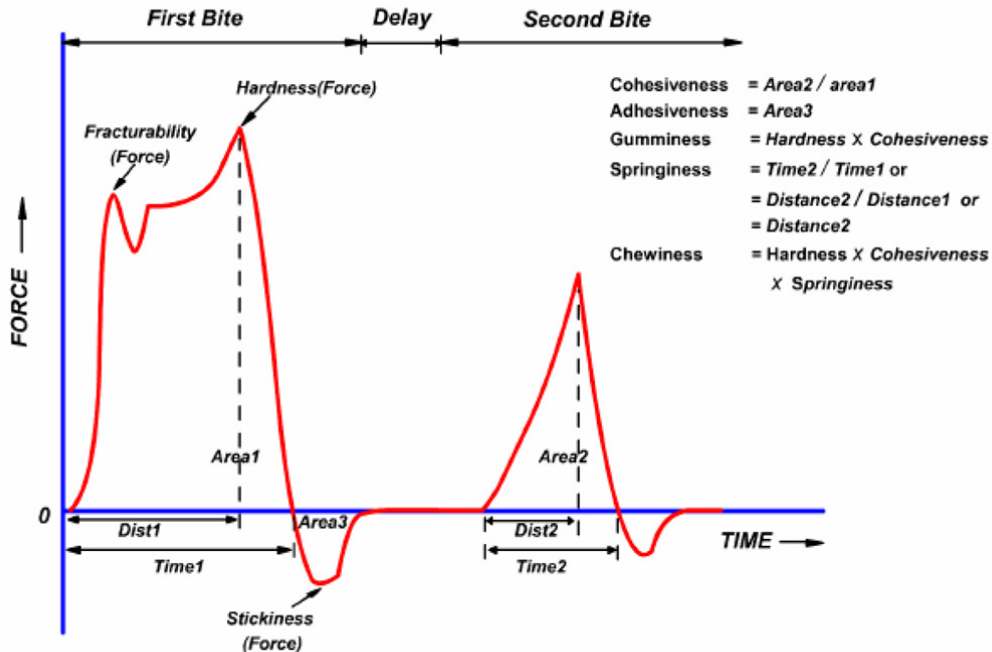


圖 1. 一般質地剖面分析之參數意義 (Juliano, 1985)。

表 1. 小米麻糬加工特性之物性參數測定

品種	含水率 (%) *	水活性	硬度 (gf) *	凝聚性 (%) *
臺東選 1 號	36.820 ± 0.240 bcd	0.969 ± 0.001	1097.138 ± 7.032 c	1.520 ± 0.116 b
臺東選 2 號	37.750 ± 0.266 a	0.972 ± 0.001	985.950 ± 25.374 d	0.633 ± 0.012 d
臺東選 3 號	36.930 ± 0.392 bc	0.969 ± 0.002	1131.155 ± 8.638 abc	0.680 ± 0.020 d
臺東選 4 號	36.600 ± 0.280 cd	0.969 ± 0.001	1186.885 ± 46.856 a	1.066 ± 0.027 c
臺東選 5 號	36.820 ± 0.095 bcd	0.970 ± 0.001	1166.873 ± 30.014 ab	0.942 ± 0.005 c
臺東選 6 號	34.973 ± 0.144 e	0.967 ± 0.000	1138.291 ± 27.515 abc	1.373 ± 0.057 b
臺東 7 號	36.163 ± 0.326 d	0.972 ± 0.000	1100.545 ± 3.628 bc	1.497 ± 0.102 b
臺東 8 號	37.423 ± 0.093 ab	0.970 ± 0.001	1082.553 ± 10.471 c	1.980 ± 0.032 a
臺東 9 號	37.770 ± 0.242 a	0.970 ± 0.001	1112.841 ± 11.421 bc	1.398 ± 0.021 b

*Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's LSD.

黏附度又可解釋為附著力，為克服小米麻糬本體及探測物表面吸引力所需的功⁽³⁾，黏附度越佳表示製作過程最容易相互黏合，包餡時可順利填充餡料且不於包覆處漏餡，有助於製程及產品變化。黏附度最佳為臺東 8 號，其次依序為臺東選 1 號、臺東選 6 號、臺東 7 號、臺東 9 號、臺東選 4 號、臺東選 5 號、臺東選 2 號，最低者為臺東選 3 號，臺東 8 號之黏附度約為臺東選 3 號之 3.7 倍。

黏性又可稱之為膠質感，碎解一半固體食品至可吞嚥所需之能量，此值為硬度及凝聚性之積⁽³⁾，黏性越佳表示小米麻糬適口性越好，黏性越低碎解及吞嚥雖較為容易，但同時也導致口感降低，臺東 8 號黏性最佳，可達 21.780 ± 0.455 (N)，約為最低者之 2.9 倍，臺東選 1 號、臺東選 2 號、臺東選 6 號及臺東 7 號次之，臺東選 3 號及臺東 9 號介於中間，最低者為臺東選 4 號及臺東選 5 號。

表 2. 小米麻糬加工特性之物性參數測定

品種	黏附度 (Nmm) *	黏性 (N) *	彈性 (mm)
臺東選 1 號	7.017 ± 2.246 b	17.289 ± 1.235 b	1.018 ± 0.013
臺東選 2 號	4.531 ± 0.736 d	7.586 ± 0.095 b	1.006 ± 0.003
臺東選 3 號	4.166 ± 0.215 d	8.226 ± 0.308 bc	1.014 ± 0.002
臺東選 4 號	1.037 ± 0.019 c	13.460 ± 0.760 c	1.026 ± 0.014
臺東選 5 號	0.914 ± 0.402 c	11.759 ± 0.329 c	1.019 ± 0.011
臺東選 6 號	4.784 ± 1.125 b	16.468 ± 0.986 b	1.030 ± 0.020
臺東 7 號	4.841 ± 1.640 b	17.113 ± 1.030 b	1.018 ± 0.006
臺東 8 號	15.488 ± 0.996 a	21.780 ± 0.455 a	1.033 ± 0.006
臺東 9 號	3.764 ± 0.972 b	16.292 ± 0.238 bc	1.017 ± 0.010

*Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's LSD.

咀嚼性為咀嚼一半固體食品至可咀嚼所需之能量，此值為硬度、凝聚性、黏附度三者之積⁽³⁾，可以作為綜合性口感指標參數之一，臺東 8 號咀嚼性最佳，臺東選 1 號、臺東選 6 號、臺東 7 號及臺東 9 號次之，臺東選 4 號及臺東選 5 號再次之，以臺東選 2 號及臺東選 3 號咀嚼性最差。臺東 8 號咀嚼性約為臺東 9 號之 1.4 倍及臺東選 3 號之 2.9 倍，臺東 8 號之咀嚼性表現顯著優異。

回彈性又可稱為恢復力，小米麻糬經擠壓後回復成原來的程度⁽³⁾，回彈性越佳顯示其具有 Q 彈特性且有嚼感，能滿足感官及增進咀嚼感，臺東 8 號回彈性最佳，臺東選 1 號、臺東選 6 號、臺東 7 號及臺東 9 號次之，臺東選 4 號及臺東選 5 號再次之，以臺東選 2 號及臺東選 3 號回彈性最差，臺東 8 號之回彈性約為臺東選 2 號之 4.4 倍。

黏稠性可作為小米麻糬製程修正之參考指標，黏稠性越佳表示製作過程攪拌越順暢，以臺東 8 號及臺東選 1 號黏稠性最佳，臺東選 2 號、臺東 7 號及臺東 9 號次之，臺東選 3 號、臺東選 4 號及臺東選 5 號介於次級與最差之中間，以臺東選 6 號黏稠性最差。

表 3. 小米麻糬加工特性之物性參數測定

品種	咀嚼性 (N) *	回彈性 (%) *	黏稠性 (mm) *
臺東選 1 號	17.631 ± 1.485 b	1.999 ± 0.141 b	15.902 ± 0.997 a
臺東選 2 號	7.632 ± 0.110 d	0.650 ± 0.030 d	11.162 ± 1.930 b
臺東選 3 號	8.341 ± 0.30 d	0.688 ± 0.013 d	8.562 ± 1.468 bc
臺東選 4 號	13.828 ± 0.972 c	1.227 ± 0.032 c	8.484 ± 1.214 bc
臺東選 5 號	11.993 ± 0.470 c	1.032 ± 0.024 c	5.892 ± 2.010 bc
臺東選 6 號	16.999 ± 1.368 b	1.953 ± 0.115 b	8.223 ± 0.359 c
臺東 7 號	17.426 ± 1.127 b	2.191 ± 0.149 b	11.562 ± 1.837 b
臺東 8 號	22.506 ± 0.541 a	2.887 ± 0.081 a	16.459 ± 0.368 a
臺東 9 號	16.571 ± 0.214 b	1.964 ± 0.052 b	10.519 ± 1.257 b

*Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's LSD.

綜合小米麻糬加工特性之物性指標參數結果，9 個小米品種中，以臺東 8 號最適合製作小米麻糬，臺東選 1 號、臺東 7 號及臺東 9 號次之。

四、結論

本場選育之小米臺東 8 號（圖 2），以製作小米麻糬為例，探討其物性指標參數發現該品種於硬度、凝聚性、黏附度、黏性、咀嚼性、回彈性及黏稠性皆有優異表現，顯著優於其他品種加工適性之表現。小米臺東 9 號加工適性亦優，僅次於臺東 8 號，以小米臺東 8 號為原料製作小米麻糬（圖 3），兼具口感與營養價值。有鑑於小米之優良營養保健價值且為良好全穀食物來源，在提倡機能飲食及國人注重健康的趨向，小米實為極佳的穀類主食，可作為國人健康飲食新選擇。



圖 2. 小米臺東 8 號品種



圖 3. 小米養生休閒食品-小米麻糬

致 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會科發基金之補助：耐旱早熟小米種原蒐集及多元化加工利用技術之研究（計畫編號：NSC 102-3111-Y-067C-002），謹致謝忱。

參考文獻

1. 陳文賢。2004。水活性控制與食品儲存。科學發展 379:18-23。
2. 陳清杰。2010。竹芋(*Marantha arundinacea* 和 *Canna edulis*)澱粉在麻糬製作上的應用。碩士論文。屏東：國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系所。
3. 張逸婷。2005。水稻臺農 67 號誘變品系米穀粉理化性質之因素分析及其應用。碩士論文。臺中：私立靜宜大學食品營養研究所。
4. 賴滋漢、黃卓治。1999。基礎食品化學。富林出版社。31。
5. Gabrovská, D., V. Fiedlerová, M. Holasová, E. Masková, H. Smrcinov, J. Rysová, R. Winterová, A. Michalová and M. Hutar. 2002. The nutrition evaluation of underutilized cereals and buckwheat. Food Nutr Bull. 23(3 Suppl):246-9.
6. Juliano, B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities. In Rice: Chemistry Technology, edited by B.O. Juliano. The American Association of Cereal Chemistry, Inc., St. Paul, MN, U.S.A.

7. Thomas, D.J. and W.A. Atwell. 1999. Starches. St. Paul, Minn. Eagan press. Chapter 1, p.4-40.
8. Zhang, Z.W., J.B. Qu, G.F. Xu, L.H. Song, J.J. Wang, S. Shimbo, T. Watanabe, H. Nakatsuka, K. Higashikawa and M. Ikeda. 1997. Maize and foxtail millet as substantial sources of dietary lead intake. Sci. Total Environ. 208(1-2):81-8.