

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

米穀粉中直鏈澱粉含量對擠出物玻璃轉換溫度與膨發溫度之影響

Effect of amylose content on glass transition temperature and puffing temperature of extrudates.

計畫編號：NSC88-2313-B-002-082

執行期限：87年08月01日至88年07月31日

主持人：葉安義 台灣大學食品科技研究所

一、中文摘要

以不同直鏈澱粉含量的秈米、梗米、糯米為原料，經擠壓烹煮製得 pellet，探討其玻璃轉換溫度與膨發溫度的相關性。發現直鏈澱粉含量高者，pellet 的 T_g 較低，膨發溫度亦較低，但膨發率較差；枝鏈澱粉含量高者，其內生性黏度雖較高，但產品透明度增加，膨發性也增加，此現象與其顯微結構有關。

Abstracts

The effect of amylose content on the glass transition temperature and expansion temperature of pellet prepared by single screw extrusion cooking has been studied. High amylose content resulted in low glass transition and expansion temperature with low expansion ratio. The pellet with low amylose appeared more transparent and yielded higher expansion ratio. The phenomena may be related with the microstructure of pellet.

二、緣由與目的

口味獨特、低脂無油的產品是點心食品發展的趨勢，本研究室於上年度以梗米為原料，經進行擠壓蒸煮，擠出物經冷卻、乾燥，製成 pellet，再以烘烤取代油炸的方法進行膨發，已成功地開發出無油之第三代點心食品，並發現擠出物玻璃轉換溫度與膨發溫度呈正相關。當 pellet 的含水量愈高，pellet 的玻璃轉換溫度(T_g)會降低，

膨發時 pellet 的表面中心溫度(T_c)雖也降低，但兩者之間的差值(T_c-T_g)卻反而提高。經測定膨發率發現，pellet 含水量為 10% 其產品膨發率最佳，當含水量高於 30% 時，產品不易膨發。擠壓加工時，進料水分影響產品的特性，當進料水分低於 45% 時，pellet 的透明度低，膨發率亦低；當進料水分高於 50% 時，pellet 的透明度明顯增加，膨發率亦增加。添加糊精降低平均分子量，亦降低其玻璃轉換溫度與烘烤膨發的溫度，且膨發率提高，膨發後的產品具酥脆感，顯示擠出物之分子量影響膨發產品之質地，但糊精添加量過高時(> 20%)，擠出物無法成形。

Sunderland (1996) 指出玉米原料中澱粉含量大於 60% 時，產品膨發性較佳，其結構具多孔洞且質地較為酥脆，而直鏈澱粉含量影響產品之膨發性，高直鏈澱粉含量者，膨發性較差，產品質地較硬。Della Valle et al.(1997) 的研究結果則相反，利用玉米為原料所製得之 pellet，經油炸而膨發所需的溫度較 T_g 高 10-70 左右，且受到物料中所含直鏈澱粉含量與 shear rate 的影響，原料中直鏈澱粉比例愈高，產品的膨發率愈高。

本研究的目的是在於探討米種的適用性，以直鏈澱粉含量為選用米種的指標。將各種米穀粉經擠壓製成 pellet，測定不同米種所製成之 pellet 的玻璃轉換溫度，並探討直鏈澱粉含量對烘烤時膨發溫

度、烘烤後產品之膨發性的影響，以瞭解米種對產品特性的影響。所得結果可提供業界調整配方用。

三、材料與方法

本實驗採用三種不同米種，分別為台中秈十號、台梗九號、台中秈糯一號，經磨粉機磨成米穀粉(過 80 mesh)，利用單軸擠壓機進行烹煮與成形，米穀粉的水分預調為 50%，進料速率為 8kg/hr，螺軸轉速為 82.5rpm，擠壓溫度設定在 88℃，模口長度為 85mm，厚度為 3mm。擠出物為帶狀，經壓模成型、冷卻、熱風乾燥(40℃、10 - 24hr)適當水分(約 10%)，即製成 pellet。利用恆溫恆濕機調節其水分含量，經實驗型烘箱加熱，以紅外線非接觸式溫度計測量膨發溫度，藉由體積密度的測定，計算膨發率，並利用電子顯微鏡觀察其顯微結構；將 pellet 磨粉後，測量 T_g 、直鏈澱粉含量、與內生性黏度。

四、結果與討論

< 直鏈澱粉含量與平均分子量之測定 >

利用雙酵素法檢測不同米種之直鏈澱粉含量(表一)，秈米含有最高的直鏈澱粉，直鏈澱粉含量愈低者，於擠壓過程中，擠出物愈難成型，適度調降進料水分，有助於擠壓操作。經毛細管黏度計測定其內生性黏度 $[\eta]$ (intrinsic viscosity)，藉此對物料之平均分子量的變化有所瞭解。一般而言，平均分子量與 $[\eta]$ 成正比，經分析發現直鏈澱粉含量愈高，所測得的 $[\eta]$ 值愈小，即糯米 > 梗米 > 秈米(表二)，顯示枝鏈澱粉含量高，其平均分子量較大，此與文獻吻合。

表一：不同產品之直鏈澱粉含量比較表

米種	秈米	梗米	糯米
直鏈澱粉含量	22.5±0.1%	16.7±0.3%	9.0±0.2%

表二：不同產品之內生性黏度 $[\eta]$ 相對表

	秈米	梗米	糯米
$[\eta]$	86.65	93.24	97.43

單位：mL/g

< 玻璃轉換溫度之測定 >

將所製得之 pellet，利用恆溫恆濕機調整其含水量，並利用 DSC 測定各種 pellet 的玻璃轉換溫度。水分扮演塑化劑的功能，因此增加水分， T_g 隨著下降；於相同水分下，直鏈澱粉含量低的 pellet，其玻璃轉換溫度較高(圖 1)，即糯米 > 梗米 > 秈米，Orford 等 (1989) 指出枝鏈澱粉與直鏈澱粉之 T_g 相似，可能的原因為經擠壓加工後，水分能平均分散於枝鏈澱粉形成的枝狀結構，因此其透明度也較高，反之直鏈澱粉為螺旋狀結構，水分之分佈較不均勻，故其透明度較低，本實驗室擬以 MRI 觀察水分與澱粉的分佈，以證明所提之論點。

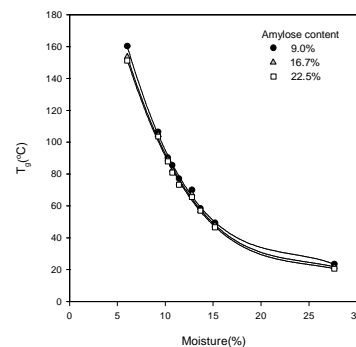


圖 1：不同直鏈澱粉含量 pellet 之 T_g 與水分關係圖

< 膨發時 pellet 表面中心溫度的測定 >

經以非接觸式紅外線測溫器測定於膨發起始時，pellet 表面中心溫度(T_e)。結果顯示 T_e 約為 90~180℃ 之間，提高水分使 T_e 降低；當直鏈澱粉含量增加， T_e 隨之降低(圖 2)，此與 T_g 的效應相同。增加水分使 T_g 與 T_e 均降低，但 $(T_e - T_g)$ 的差值則呈增加的趨勢(圖 3)，但高直鏈澱粉含量使 $(T_e - T_g)$ 的差值減少。

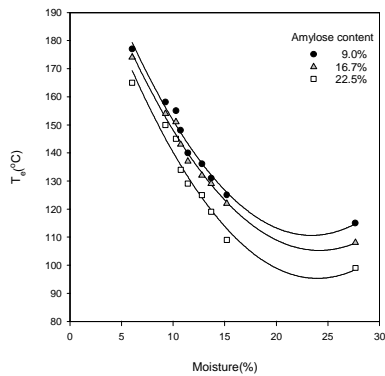


圖 2：不同直鏈澱粉含量 pellet 之 T_c 與水分關係圖

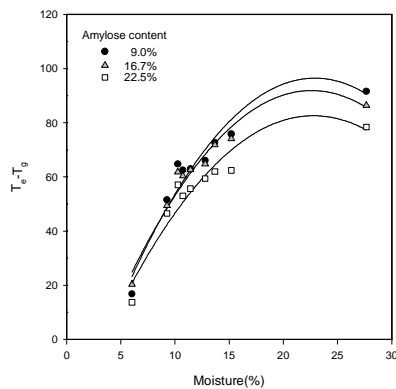


圖 3：不同直鏈澱粉含量 pellet 之 T_e-T_g 與水分之關係

< 體積密度的測定與膨發率 >

以密度比重計 (MD-200s, Mirage, Japan) 測定膨發前後的體積密度 (bulk density)，依此計算產品膨發率。

膨發率 = 膨發前體積密度 / 膨發後體積密度

Pellet 的平衡水分影響其膨發率，結果顯示於 10 % 時，膨發率最高(圖 4)，此與上一年的結果相同，直鏈澱粉含量增加，膨發率隨之降低，亦即糯米的膨發率為最佳，最高可達五倍，秈米的膨發率最

差，最多只有三倍。除了如前所述，水分的分佈是一個因素以外，擠出物於離開擠壓機的模口時，會因溫度或壓力降低而使水分散失，造成表面堅硬 (case hardening)，糯米為原料者，最容易產生此現象，故可容納較多的水蒸氣，因此其膨發溫度較高，膨發率也較高。本實驗室曾嘗試測量表面堅硬，但儀器設備之不足，無法做出結論。

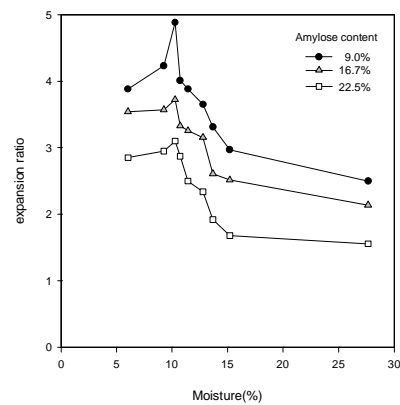


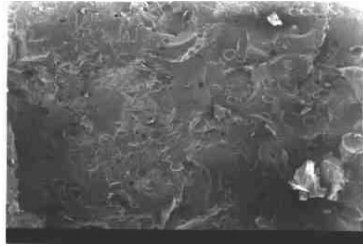
圖 4：含水量與膨發率之關係圖

< 產品之質地分析 >

利用色差計測定 pellet 透明度，結果在相同水分含量下，直鏈澱粉含量愈高，產品的透明度較差，如前所述，其膨發率也較差。

將 pellet 以冷凍乾燥機乾燥，置於掃描式電子顯微鏡中觀察其細微結構。發現不同米種之 pellet，其顯微結構亦不同，其孔洞數以糯米 > 梗米 > 秈米，亦即隨著直鏈澱粉含量增加，其結構中的孔洞數相對減少。推測該孔洞是水分存在的區域，由於冷凍乾燥使水分揮發，造成孔洞。孔洞數的增加，意味著水分的分佈較廣與均勻，因此糯米具較高的膨發率。

(a) 秈米



(b) 梗米



(c) 糯米

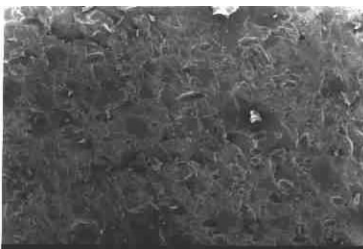


圖 5：不同米種之 pellet 電子顯微鏡掃描圖

< 結論 >

經擠壓加工後，直鏈澱粉含量影響米製 pellet 的玻璃轉換溫度、膨發溫度、與膨發率，低直鏈澱粉含量的 pellet 具較高玻璃轉換溫度、膨發溫度與膨發率。結構與水分分佈之不同可能是主因，但須進一步探討。

五、計畫成果自評

本計畫成果可提供業界於產品開發所需之基本知識，不但可選擇原料米種，且可調整產品性質，故縮短研發時間。雖以瞭解結果，但仍須瞭解其機制，由於所需儀器較複雜，故未列入本研究計畫的工作項目，卻是值得探討的課題。本研究擬進一步探討加熱速率對 pellet 膨發過程的影響，並針對玻璃轉換溫度、加熱速率、

水分散失率三者的相關性加以研究，期能建立一完整相圖，作為產品開發與製程改進的參考。

六、參考文獻

Della Valle G., Vergnes, B., Colonna, P., and Patria, A. 1997. Relations between rheological properties molten starchs and their expansion behaviour in extrusion. *J. Food Eng.* 31:277-296.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Roberts, P. A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28 : 350-356.

Fan, J., Mitchell J. R., and Blanshard J. M. V. 1994. Acomputer simulation of the dynamics of bubble growth and shrinkage aduring extrudate expansion. *J. Food Eng.* 23:337-356.

Kainuma, K., Matasunaga, A., Itagawa, M., and Kobayashi, S. 1981. New enzyme system - β - amylase - pullulanase - to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 28 (4):235-240.

Kaletunc, G., and Breslauer, K. J. 1993. Glass transitions of extrudates : relationship with processing-induced fragmentation and end-product attributes. *Cereal Chem.* 70:548-552.

Kalichevsky, M. T., Jaroszkiewica, E. M., Ablett, S., Blanshard, J. M. V. and Lilford, P. J. 1992. The glass transition of amylopectin measured by DSC, DMTA and NMR. *Carbohydr. Polym.* 18 : 77-88.

Lii, C. Y., Tsai, M. L., and Tseng, K. H. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chem.* 73(4):415-420.

Orford, P.D., Parker, S.G., Ring, S.G. and Smith, A.C. 1989. Effect of water as a diluent on the glass transition behaviour of malto-oligosaccharides, amylose and amylopectin. *Int. J. Biol. Macromol.* 11(4):91-96.

Sunderland, R. 1996. Production of third generation snacks. *Cereal Food World.* 41 (1):12-14.

Zeleznaek, J., and Hosenev, R. C. 1987. The glass transition in starch. *Cereal Chem.* 64(2):121-24.