

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

不同的添加物對糯米穀粉擠出物物性 與儲存特性之影響

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2214 - E - 002 - 073 -
執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：葉安義
共同主持人：

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

執行單位：國立台灣大學食品科技研究所

中 華 民 國 90 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

不同的添加物對糯米穀粉擠出物物性與儲存特性之影響

Effects of various additives on the physical and storage characteristics of waxy rice extrudates

計畫編號：NSC 89-2214-E-002-073

執行期限：89年8月1日至90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

本研究探討醣類與蛋白粉對糯米穀粉擠出物黏彈性質與貯存特性之影響，發現添加醣類降低比機械能，使產品貯存模數(G')、硬度(Hardness)與玻璃轉換溫度(T_g)降低，添加蛋白粉使產品比機械能、 G' 與硬度均增加，且大於加糖產品，產品顏色變黃，但對 T_g 無顯著影響。所測試的擠出物於 -20°C 儲存三個月後， G' 、硬度與 T_g 都增加，色澤變白、容積密度略微降低。

關鍵詞：黏彈性質、比機械能、玻璃轉換溫度、

Abstract:

The effects of sugars and egg white on the viscoelastic characteristics and storage properties of waxy rice extrudates have been investigated by using small amplitude oscillatory rheometry and texture profile analysis. The addition of sugar lowered the specific mechanical energy (SME) required during single screw extrusion cooking, also reduced the storage modulus (G'), hardness and glass transition temperature (T_g) of extrudates. Egg white, yielding the opposite effect, raised SME and hardness, but had no effect on T_g . After being stored at -20°C for 3 months, the extrudates yielded higher G' , hardness and T_g , but lower bulk density.

Keywords: viscoelastic properties, specific mechanical energy, glass transition temperature

二、緣由與目的

麻糬是我國傳統點心食品之一，廣受消費者喜好，本研究室近三年來致力於麻糬製程連續化之研究，探討擠壓條件以及磨粉方法對糯米穀粉擠出物黏彈性質之影響。發現乾磨之糯米穀粉，平均粒徑小於 $100\ \mu\text{m}$ 者，可以單軸擠壓機生產麻糬，新鮮產品的口感與市售品類似，但於室溫 (25°C) 下儲存三至五天後，有微生物生長的問題，於 4°C 下冷藏，產品容易因回凝 (retrogradation) 使質地變硬。為改善這些問題，可使用添加物以降低水活性 抑制微生物生長 減緩回凝速率^[1]、或藉以改變產品黏彈性質，改善質地。

本實驗使用的添加物為醣類(葡萄糖、果糖、蔗糖、果寡糖)與蛋白粉，醣類是麻糬最常用的添加物，除提供甜味以外，尚有降低水活性、增加保存期限的功能，但也可能會抑制糊化^[2]或加速澱粉之回凝^[3]而影響質地；而適量添加醣類，可作為塑化劑，降低產品玻璃轉換溫度^[4,5]，維持柔軟的質地，兩種理論對質地的影響相互矛盾。由玻璃轉換現象與流變學瞭解醣類對擠壓麻糬質地的影響，有助於瞭解醣類的功能性。蛋白常用於冷凍麻糬中以維持良好口感，坊間雖已使用，但其作用機制卻無文獻報告，如能瞭解其原理，有助於產品品質之改善，並可應用於其他產品，所以蛋白的功能性及使用方法值得探討。

本研究計畫從食品物化與流變學的角度探討添加物於擠壓烹煮麻糬中的功能性，旨在探討醣類與蛋白對糯米穀粉擠出物黏彈性、儲存性、回凝現象與玻璃轉換現象等的影響，並將結果與

本研究室過去於擠壓技術硬體方面的研究成果相結合，作為製程設計之參考。

三、材料與方法

本研究採用台中糯 70 號米(彰化溪州 89 年第 I 期稻作)為原料，以乾式磨粉機(hammer mill)磨粉並篩出 150~200 mesh 粒徑區分(<100 μm)之糯米穀粉，貯存於-20 備用。以國產單軸擠壓機進行實驗，穀粉與添加物(葡萄糖、果糖、蔗糖、果寡糖、蛋白粉)預先混合，進行擠壓烹煮時，再以泵調整進料水分含量為 45%，添加物含量為 5、10、15、20%，總進料速率 8 kg/hr，螺軸轉速 100 rpm，套筒溫度 95，圓形模口之直徑為 10 mm，並以扭力計測定扭力，以計算比機械能。產品擠出後立刻以真空包裝袋盛裝密封以防水分散失，於室溫下放置 12 小時平衡後，測定色澤、容積密度，並進行動態測試(dynamic test)、蠕動測試(creep test)與質地剖面分析(texture profile analysis, TPA)，並以動態測試之溫度掃描所得到的 G''_{max} 之對應溫度為玻璃轉換溫度。擠出物於 -20 下貯存三個月後，重複以上各項測定，以比較產品貯存前後差異 分析添加物對貯存的影響。

四、結果與討論

1. 添加物對產品動態測試之影響

- a. 新鮮產品 (Fresh product)：由表一結果可知，添加醣類具有降低 G' 、 G'' 的效果，並且 $\tan \delta$ 有隨著添加量的增加而上昇的趨勢，顯示小分子醣類的加入具有增加擠出物中 liquid phase 的作用。添加蛋白粉造成 G' 、 G'' 顯著的增加，約為添加醣類的 10 倍以上， $\tan \delta$ 也明顯地低於所有的含醣產品。
- b. 儲存後產品 (Stored product)：經 -20 貯存三個月之後，發現葡萄糖、果糖之 G' 、 G'' 都明顯地增加，而且添加量大於 15% 以上時，增加量更顯著，添加果糖 15% 以上的產品由於太硬了，更無法進行測試。而蔗糖與果寡糖的部分則無顯著的變化。只有些微的下降。添加蛋白粉產品的 G' 、 G'' 在貯藏後也有顯著的上升，但卻隨蛋白粉添加量的增加，而有較少的改變。

2. 添加物對產品蠕動測試之影響

蠕動測試結果採非線性迴歸逼近 Burgers model^[6]，所得各項數值列於表二，本研究迴歸曲線與實驗值的 R^2 皆大於 0.99，顯示擠出物之蠕動測試相當適合以 Burgers model 來描述。

- a. 新鮮產品 (Fresh product)：結果顯示，隨著醣類的添加，新鮮擠出物的彈性模數 G_1 、 G_2 與黏性係數 μ_2 、 μ_3 ，都有降低的趨勢，而延滯時間 t_{ret} 的變化並不顯著，但添加蛋白粉的擠出物彈性模數與黏性係數、延滯時間都明顯較添加醣類高，顯示蛋白質高分子對擠出物黏彈性質有增強的作用。
- b. 儲存後產品 (Stored product)：貯存之後的產品，可能有澱粉回凝的現象產生，因此彈性模數與黏性係數有增加的趨勢，其中變化較少的為添加蔗糖與果寡糖的產品，在本實驗儲藏條件下，這兩種醣類對黏彈性質的表現具有較高的穩定性。而添加量超過 15% 以上的葡萄糖與果糖的擠出物在貯存後，黏彈性急遽地增加，添加量低於 15% 的產品黏彈性則較為穩定。蛋白粉則隨添加量的增加而有較少的變化量。

3. 添加物對產品質地剖面分析之影響

本研究使用的質地剖面分析儀(TPA)所能使用的最大的力量為 25kg_f，因此貯存過程中，因回凝而硬化的產品皆在其可測定範圍內。

- a. 新鮮產品 (Fresh product)：由表三可知，添加醣類明顯地降低產品的硬度(Hardness)，與動態測試、的蠕動測試的趨勢一致，添加蛋白粉的產品硬度比較高，約為加糖產品的 2~10 倍不等，並且添加量超過 5% 蛋白粉之後，對硬度的影響並不顯著。雖然蛋白粉產品的黏著性(Adhesiveness)大於加糖產品，但黏著性對硬度的比值(Ad/H)卻比較小，而實際上摸起來的感覺，並不黏手， $Ad/H > 1$ 的擠出物則多半黏手。糖的量增加，黏著性的值 Ad 並沒有一定的趨勢， Ad/H 則大致上呈現增加的趨勢，並且與感官上的“黏手”與否有關。
- b. 儲存後產品 (Stored product)：添加葡萄糖與果糖超過 15% 的擠出物，在貯藏之後硬度大幅度增加，而加蔗糖的產品硬度稍有降低，添加果寡糖產品並無顯著變化，蛋白粉添加越多，貯存後的硬度增加量則越少。

4. 添加物對擠出物玻璃轉換溫度、容積密度、色澤之影響

如表四顯示，擠出物在貯藏前後，水分的變化並不顯著(<2%)，顯示貯藏時並無大量的水分進出。

- a. 新鮮產品 (Fresh product)：表四顯示添加醣類有助於降低擠出物之 T_g ，而蛋白粉則無影響。添加物對容積密度與亮度(L)的影響不大，添加醣類之擠出物色澤差異不大，添加蛋白粉造成 a 值下降，b 值上升，顏色往蛋黃色改變，推測是由於梅納反應所造成的色澤變化。
- b. 儲存後產品 (Stored product)：在-20 貯藏下，擠出物色澤有變白而較不透明的傾向，容積密度也有些微降低的趨勢，有些擠出物(如添加葡萄糖、果糖)之 T_g 則有上升之趨勢。貯藏時，擠出物的 T_g 低於或接近貯藏溫度，便是處於 rubbery 狀態下，並不穩定，可能因此而引起澱粉回凝，硬度大幅增加的現象。

5. 比機械能與 G' 、 G'' 、Hardness 的相關性

由圖一可知，比機械能與 G' 、Hardness 有顯著的相關性(r^2 0.84、0.81)。由表一、表二數據顯示， G' 與 G'' 又具有高度的正相關(r^2 0.94)，比機械能與此三項測定參數有密切的關係。本實驗進料水分為 45%，屬於高水分之單軸擠壓試驗，所以物料在擠壓機內受到水分的潤滑，消耗在物料摩擦之上的比機械能減少，所反映出來的數值，應與物料本身在擠壓過程受熱攪拌所形成的流變性質有關。

五、計畫成果自評

本計畫之完成有助於瞭解不同添加物對糯米穀粉擠出物黏彈性質的影響，並且嘗試從 T_g 的角度，來解釋產品貯藏期間的回凝與黏彈性質間的關係。對未來配方的設計、產品品質的評估，亦具有具相當好的參考價值。本實驗室相關研究，從擠壓條件的確立，原料粉規格界定，到添加物及貯存特性的探討，已經建立一套良好的評估方法與新產品開發模式。執行計畫三年來，所有參與的人員亦學習並建立了理論與實際應用的經驗與技術，相信本計畫的完成，將使食品流變學的技术更落實地應用在產業的升級上。

表二、添加物對擠出物蠕動測試的影響

五、參考文獻

- [1] Kohyama, K. and Nishinari, K. 1991. Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agric. Food Chem.* 39:1406-1410.
- [2] Savage, H. L. and Osman, E. M. 1978. Effect of certain sugar and sugar alcohols on the swelling corn starch granules. *Cereal Chem.* 55:447-454.
- [3] Germani, R., Ciacco, C.F. and Rodriguez -Amaya, D. B. 1983. Effects of sugars, lipids and types of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch/Stärke* 35(11):377-381.
- [4] Spies, R. D. and Hosney, R. C. 1982. Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.* 59:128-131.
- [5] Huang, R. M., Chang, W. H., Chang, Y. H., and Lii, C. Y. 1994. Phase transition of rice starch and flour gels. *Cereal Chem.* 71:202-207.
- [6] Steffe, J. F. 1992. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. P.168-194. Freeman Press, East Lansing, Michigan, U.S.A.

表一、添加物對擠出物動態測試的影響

Additives(%)	Fresh			Storage			
	G' (Pa)	G'' (Pa)	tan	G' (Pa)	G'' (Pa)	tan	
Glucose	5	4586	2492	0.54	4948	2721	0.55
	10	2628	1570	0.60	3035	1709	0.56
	15	2085	1259	0.60	14254	4692	0.34
	20	2114	1168	0.55	65243	6750	0.11
Fructose	5	7811	4040	0.52	25916	8904	0.34
	10	2600	1559	0.60	6867	2852	0.42
	15	2465	1363	0.55	ND	ND	ND
	20	1578	975	0.63	ND	ND	ND
Sucrose	5	8321	3890	0.47	7518	3984	0.53
	10	3751	2142	0.57	3344	1962	0.59
	15	2556	1554	0.61	2533	1535	0.60
	20	2045	1254	0.61	2528	1434	0.57
Oligo-fructose	5	9422	4557	0.48	8046	3747	0.47
	10	8110	3378	0.42	8022	3819	0.48
	15	4624	2257	0.49	3060	1595	0.52
	20	2025	1097	0.54	1775	903	0.51
Egg White Flour	5	92663	22268	0.24	194468	30048	0.16
	10	49011	15890	0.33	105735	25579	0.24
	15	94968	27849	0.29	125767	34539	0.27
	20	117317	34421	0.29	125160	35633	0.28

ND: Non-Detectable

Additives(%)	Fresh						Storage					
	G_1 (Pa)	μ_3 (Pa·s)	G_2 (Pa)	$\tau_{ret.}$ (s)	μ_2 (Pa·s)		G_1 (Pa)	μ_3 (Pa·s)	G_2 (Pa)	$\tau_{ret.}$ (s)	μ_2 (Pa·s)	
Glucose	5	4268	924552	6226	7.20	44813	3294	590857	4398	7.92	34851	
	10	1663	247682	2032	7.87	15951	2109	378033	2809	7.60	21228	
	15	1432	259087	1955	6.87	13410	8551	2889070	20647	9.11	188237	
	20	1460	278125	2343	7.12	16651	51516	38050917	304592	8.78	2532366	
Fructose	5	5182	1335235	8462	7.10	59992	20873	7566460	47542	4.72	224442	
	10	1731	271177	2193	7.73	16938	5138	1351414	10145	8.00	81700	
	15	1478	215399	2016	8.09	16320	ND	ND	ND	ND	ND	
	20	736	85342	862	7.24	6235	ND	ND	ND	ND	ND	
Sucrose	5	6740	936666	11043	7.81	86085	5031	1313500	7823	6.97	54587	
	10	2813	397040	3968	7.96	31581	2383	459426	3075	7.18	22095	
	15	1422	165197	1673	8.37	13997	1571	271907	2112	7.17	15166	
	20	1344	178511	1594	8.50	13394	1561	249875	2181	7.43	16242	
Oligo-fructose	5	6194	1381136	9174	7.93	71111	6210	1447558	10480	7.52	78655	
	10	5605	1443366	12129	7.80	94679	2898	546158	4251	7.66	32597	
	15	2950	856607	5675	6.75	38120	1917	335787	3005	7.80	23428	
	20	1280	228036	2296	7.77	17850	1055	145660	1816	8.59	15247	
Egg White Flour	5	73811	44177525	283918	11.24	3218607	134680	99451674	630987	10.60	6626934	
	10	47846	13592337	102255	10.02	1001784	84982	32206040	285271	8.99	2584514	
	15	78380	24555932	192635	8.62	1670957	91924	26272876	201395	9.74	1969124	
	20	92710	22063712	196610	10.27	1983480	113446	23098771	221809	10.01	2151197	

ND: Non-Detectable G_1 : Elastic modulus in Maxwell model G_2 : Elastic modulus in Kelvin model
 $\tau_{ret.}$: Retardation time μ_3 : Viscous coefficient in Maxwell μ_2 : Viscous coefficient in Kelvin model

表三、添加物對擠出物質地剖面分析的影響

Additives(%)	Fresh			Storage			
	H	Ad	Ad / H	H	Ad	Ad / H	
Glucose	5	272	-185	0.68	289	-327	1.13
	10	160	-239	1.49	216	-260	1.21
	15	156	-231	1.48	344	-336	0.98
	20	151	-195	1.30	1052	-354	0.34
Fructose	5	291	-334	1.15	544	-256	0.47
	10	141	-244	1.74	266	-274	1.03
	15	135	-198	1.47	2470	-452	0.18
	20	111	-192	1.73	2119	-296	0.14
Sucrose	5	316	-65	0.21	271	-161	0.59
	10	209	-247	1.18	153	-220	1.44
	15	165	-211	1.28	138	-203	1.47
	20	136	-213	1.56	146	-205	1.40
Oligo-fructose	5	385	-304	0.79	338	-306	0.91
	10	333	-261	0.78	207	-255	1.23
	15	192	-232	1.21	170	-205	1.21
	20	105	-147	1.40	116	-138	1.20
Egg White Flour	5	1000	-492	0.49	2066	-702	0.34
	10	721	-428	0.59	1159	-494	0.43
	15	783	-469	0.60	1088	-525	0.48
	20	754	-533	0.71	945	-574	0.61

H: Hardness (g_f) Ad: Adhesiveness ($g_f \cdot s$)

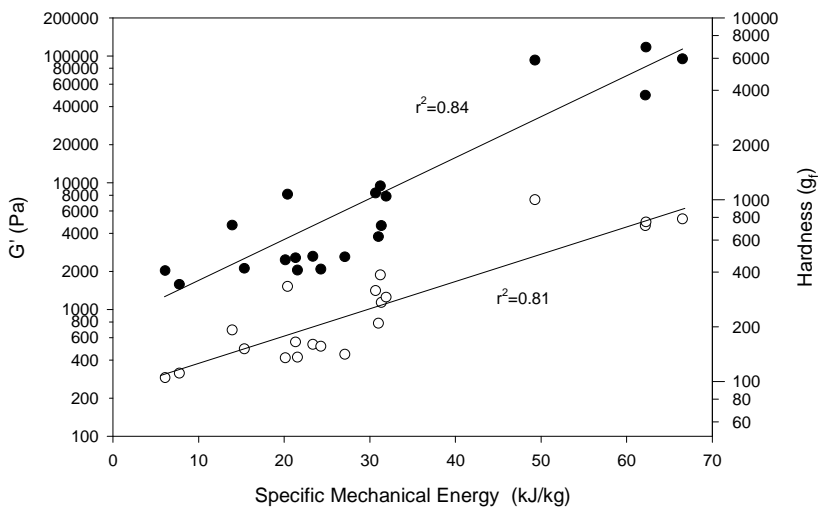
表四、添加物對擠出物玻璃轉換溫度、容積密度與色澤的影響

Additives(%)	Fresh						Storage						
	MC	Tg	BD	L	a	b	MC	Tg	BD	L	a	b	
Glucose	5	44.92	-8.6	1.174	66.69	-2.06	8.16	46.45	-8.2	1.142	75.80	-1.86	7.87
	10	46.02	-13.7	1.134	69.37	-2.23	7.81	46.92	-11.5	1.126	71.93	-2.48	7.90
	15	44.38	-17.3	1.164	68.81	-2.25	7.07	46.00	-15.3	1.153	71.35	-1.81	9.07
	20	44.28	-21.9	1.176	67.47	-2.10	7.58	45.93	-18.0	1.169	72.50	-2.26	7.87
Fructose	5	44.91	-8.7	1.186	70.15	-2.20	9.12	44.58	-8.6	1.166	70.80	-1.72	8.66
	10	46.43	-13.9	1.171	69.39	-2.39	7.95	47.82	-12.7	1.167	71.60	-1.91	8.25
	15	45.97	-17.6	1.136	70.22	-2.71	6.78	44.92	ND	1.107	81.42	-0.98	6.06
	20	44.45	-20.9	1.164	67.22	-2.58	7.82	45.34	ND	1.146	78.91	-1.30	7.15
Sucrose	5	43.05	-8.1	1.180	69.30	-1.68	8.78	42.83	-7.3	1.171	71.27	-2.02	8.29
	10	44.78	-9.9	1.173	70.45	-1.84	9.03	44.70	-10.2	1.167	70.92	-2.40	8.09
	15	43.91	-12.4	1.175	70.17	-1.73	8.42	43.97	-13.2	1.175	68.85	-2.76	8.15
	20	42.98	-14.0	1.174	70.75	-1.91	8.62	42.61	-14.9	1.156	71.08	-2.73	8.42
Oligo-fructose	5	44.64	-7.5	1.172	71.32	-1.65	9.23	45.75	-7.5	1.165	71.18	-1.76	9.01
	10	45.06	-9.6	1.174	71.60	-1.78	9.06	45.88	-8.6	1.164	72.68	-2.10	8.66
	15	45.38	-11.1	1.171	71.40	-1.70	8.13	45.56	-10.5	1.160	73.40	-1.89	8.48
	20	44.96	-15.1	1.187	71.94	-1.93	7.64	47.39	-12.6	1.179	71.51	-2.26	7.65
Egg White Flour	5	42.86	-5.9	1.168	68.73	-3.13	12.50	43.44	-4.9	1.164	69.35	-3.41	10.61
	10	45.71	-5.5	1.168	70.67	-3.53	14.32	44.68	-6.6	1.148	70.18	-3.77	12.80
	15	44.38	-5.0	1.153	71.97	-3.70	16.53	44.91	-6.0	1.148	72.48	-3.76	16.21
	20	44.98	-4.5	1.168	71.81	-3.61	18.54	44.80	-6.3	1.165	70.83	-4.27	16.63

ND: Non-Detectable

MC: Moisture Content(%) Tg: Glass Transition Temp. BD: Bulk Density

L: Lightness a: (+)Redness or (-)Greenness b: (+)Yellowness or (-) Blueness



圖一、比機械能與貯存模數、硬度之相關性