

利用反應曲面法探討山藥餡之最適加工條件

許美芳

摘 要

利用反應曲面法開發山藥餡料，探討糖、麥芽及油脂等三個條件變數之組合，試驗為三變數三層階的中心可旋轉之反應曲面設計，所採用的條件層次為經由篩選試驗訂定其上限、下限及中心點，以水活性、可溶性固形物及 b 值變化為指標。由所得之迴歸分析顯示糖與麥芽對山藥餡的水活性、可溶性固形物及 b 值有極顯著影響 ($p < 0.01$)，當油脂濃度固定為 16%，其最適化之製餡濃度為蔗糖濃度在 25.5 ~ 27%，麥芽濃度在 62.8 ~ 65%，以該比例所製成之山藥餡 A_w 值為 0.82，可溶性固形物為 46.1 °Brix， b 值為 12.34；嗜好性品評試驗結果之統計分析顯示，以最適配方所製作之山藥餡，其口感、甜度及整體接受性與對照組之間有顯著差異 ($p < 0.05$)，評分皆較對照組為佳，均為喜歡的程度，顯示接受性良好。

關鍵詞：山藥餡、反應曲面法

前 言

山藥古名薯蕷，中藥材名淮山，為薯蕷科 (*Dioscoreaceae*) 薯蕷屬 (*Dioscorea*) 多年生蔓性根莖類作物，主要食用部位為地下塊莖，嫩莖葉及零餘子亦可食用，具高產及富含營養之特色。山藥富含多種必需胺基酸、蛋白質及澱粉，另具特殊之水溶性粘質物、尿囊素、膽汁鹼、維生素 (B 群、C、K 等) 及礦物質等，山藥尚含有皂苷及類固醇皂元結構，為人體製造荷爾蒙的重要原料 (王等, 1998; 劉等, 1999; 龔等, 1995)。自古以來山藥即被視為補虛佳品，具有健脾胃、益腎氣、止瀉痢、強筋骨、降血糖等功能，可提供糧食中澱粉及蛋白質之重要來源，並為藥用及保健用生藥材料 (江和鄭, 1999; 徐和黃, 1997; 劉等, 2000a; 劉等, 2000b)。

國內山藥栽培面積近 1,000 公頃，北部栽培面積也近約 300 公頃。其栽培面積及產量與日俱增，價格也隨之降低，山藥與芋頭一樣同為根莖類作物，因此開發山藥餡料可提供糕餅業者製作各式烘焙食品，讓消費者有更多的選擇。一般糕餅餡製作常遭遇以下問題：(1) 不易保存，室溫保存易滋長黴菌，冷藏則有組織硬化現象，冷凍則解凍時間過長；(2) 不易操作，油、水比例控制不當，餡料易粘手等問題；(3) 品質控制不易，冷藏時產品保水性差，組織易龜裂等 (高, 1995)。就潮濕悶熱的台灣氣候環境而言，開發低溫流通之餡料應為一較可行之方式。低溫冷藏可有效延長產品貯存期限，但隨之而起的老化現象，是為影響澱粉類製品品質之最大問題，其主要是由於水分的含量及其移動性，或時間的延長使糊化的澱粉間之氫鍵增加，導致澱粉結晶的增加而造成澱粉回凝的發生 (王等，

1998；Ring, 1985)。糖在大部分的澱粉烘焙製品中扮演相當重要的角色，除可提供甜味外，也會影響製品的老化速率。賴等（1995）提出高糖度冷藏芋泥因糖的添加而提高了可塑性，因此可降低芋泥之硬度。Spies and Hoseney（1982）指出在小麥澱粉糊化過程中，糖會在非結晶區形成糖橋，冷卻時，澱粉膠之間氫鍵的形成會受到糖橋的抑制，然而也有學者認為糖的添加並不會抑制老化的發生（Wang and Jane, 1994）。因此，對不同來源的澱粉，蔗糖的添加對其回凝過程可能會有抑制或促進的作用。然而糖濃度太高時則會產生結晶，影響產品外觀且有稀釋原料之虞，因此，可配合麥芽的使用，麥芽糖漿的甜度為一般蔗糖的 30~40% 左右，在糕餅餡上可以較高濃度使用，且可增加產品的亮度。油脂可提供餡料產品之保水性，但添加量若過高，則會造成產品出油率高之現象。因此，本計畫為利用反應曲面法試驗設計開發低溫流通山藥餡最適配方，探討蔗糖、麥芽及油脂對山藥餡品質與物化性之影響，並對所開發之山藥餡進行嗜好性品評試驗，瞭解其接受度。

材料與方法

一、試驗材料

本研究之山藥原料，為購自南投縣民間鄉之山藥品種台農二號。副原料之蔗糖為台糖細粒特砂；麥芽糖購自谷統公司；沙拉油為統一大豆沙拉油；氫化油與酥油購自新勝發材料行；豬油購自大仁商行； β -amylase 及 pullulanase 購自六和公司。

二、試驗方法

(一) 山藥餡料製程釐定：製備流程如圖 1。

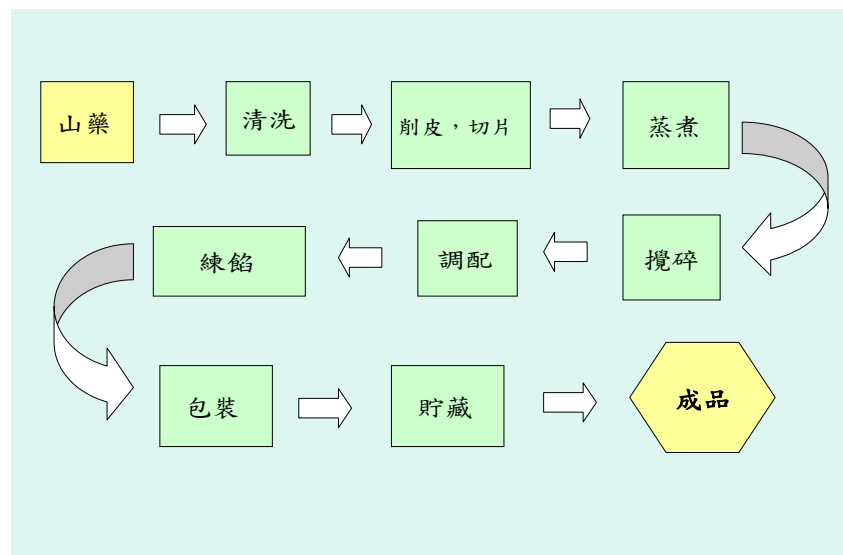


圖 1. 山藥餡料製程

Fig. 1. Flow chart for the processing of yam filling product.

(二) 反應曲面試驗設計 (黃等, 2002; Box and Behnken, 1960)

使用蔗糖 (X_1)、麥芽 (X_2) 及油脂 (X_3) 等三個條件變數之組合, 依據 Box 和 Behnken (1960) 之三變數三層階的中心可旋轉之反應曲面設計, 各因子所採用的條件層次係經由篩選試驗而訂定上、下限及中心點, X_1 之上限、中心點及下限分別為 22、24.5 及 27%, X_2 分別為 55、60 及 65%, X_3 分別為 14、16 及 18%。反應性狀之指標測定包括水分、水活性、可溶性固形物、硬度及色澤。

(三) 統計分析及最適條件之決定

利用 SAS 軟體程式 (1985) 進行反應曲面法的分析, 找出三變數之二次多項方程式, 再由此進行最適化, 找出最佳之加工操作條件。由操作條件變數 (X_i) 之轉換值的試驗組合, 以及反應性狀 (Y) 所得之結果, 求出三變數之二次多項方程式如下:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

其中 β_i 表示各項之係數, 利用 Design-Expert System 軟體 (1997) 所得之多項式繪圖, 再由此找出最適加工處理條件。

(四) 山藥餡料之品質分析及嗜好性品評

將市售山藥餡與較適配方所製作山藥餡於貯存二週後進行一般品質分析與嗜好性品評。品質分析項目包括有水分、水活性、可溶性固形物、色澤、硬度及老化度等。

三、分析方法

(一) 水分

取約 5 g 樣品, 在 105°C 烘箱烘至恒重秤重, 將加熱後損失的重量除以樣品重即為水分含量。

(二) 水活性

以水活性測定計 (Rotronic-Hygroskop, USA) 分析。

(三) 可溶性固形物

取樣品 10 g, 加蒸餾水 90 g, 以均質機均質 2 分鐘後, 以校正過糖度計測定該均質液, 單位以 °Brix 表示。

(四) 色澤

以色差儀 (NIPPON DENSHOKU, Japan) 測定樣品顏色的變化, 以 L, a, b 值表示。

(五) 山藥餡質地測定

將樣品裝滿於塑膠平底盤 (直徑 35 mm, 高度 15 mm) 中, 以物性測定儀 (FUDOH, Japan) 進行硬度測定。測定時以直徑 5 mm 之球形接頭, 行進速率 1 mm/sec 壓入樣品 3.5 mm, 每個樣品測試五次, 求其平均值。

(六) 糊化度 (degree of gelatinization, D.G.) 之測定 (黃等, 1988; Kainuma et al, 1981)

秤取 0.2 g 樣品, 加入 10 ml 蒸餾水, 均質後, 吸取 1 ml 均質液, 加入 1 ml BAP 酵素液 (β -amylase pullulanase, 內含 1.75 IU pullulanase 及 6.8 IU β -amylase) 及 8 ml, 0.8 M, pH 5.0 醋酸緩衝液, 於 37°C 下作用 3 小時, 然後置於沸水浴 10 分鐘終止酵素反應, 濾液分別以酚-硫酸法 (Dubois et al., 1956) 及 Somogyi 法 (Nelson, 1944) 測定總碳水化合物含量與還原糖含量, 並計算其糊化度。

$$D.G. (\%) = [(A - a) / B] / [(A' - a) / B'] \times 100$$

A 及 A': 分別為樣品未經 120°C 處理及經 120°C, 30 分鐘處理之還原糖量。

B 及 B': 分別為樣品未經 120°C 處理及經 120°C, 30 分鐘處理之總碳水化合物含量。

a: 空白試驗中之還原糖量。

(七) 可溶性澱粉含量

取 5 g 樣品，加 70 ml 蒸餾水，以均質機均質 2 分鐘，再以 70 rpm 振盪器振盪 30 分鐘，在 25°C 下以 8,000 rpm 離心 10 分鐘，將上層液倒出並過濾，沉澱部分另加水 50 ml，續振盪並離心過濾，如此重覆二次，收集三次濾液並定容至 500 ml，吸取 100 ml 至燒杯中 (A)，加入 50 ml 甲醇，沸水浴 20 分鐘，於冷藏室中靜置過夜後倒掉上清液，放入烘箱烘至恒重 (B)。

可溶性澱粉含量 (%) = $(B - A) \times 5 / 5 (1 - \text{水分含量}) \times 100\%$

老化度：〔(1 - 老化中樣品之可溶性澱粉含量 / 新鮮樣品之可溶性澱粉含量) × 100%〕

(八) 嗜好性品評試驗 (Larmond, 1982)

將真空包裝山藥餡置入 90°C 熱水中 10 分鐘，各樣品約秤 20 g 於塑膠淺盤上進行品評試驗。

評分標準：以九分法作為評分標準。9 分表示非常喜歡，7 分表示喜歡，5 分表示不喜歡也不討厭，3 分表示不喜歡，1 分表示非常不喜歡；評定項目有香味，顏色，風味及總評；品評人員有 12 人；品評結果以 SAS 軟體進行分析，並以 LSD 鑑定樣品間差異是否具有顯著性。

結果與討論

一、山藥餡料製程釐定

研究指出山藥之褐變是為酵素性，與其多酚氧化酶活性有關 (林和盧, 2001)，當山藥受傷，為了癒合傷口，其多酚氧化酶活性會升高，但也有學者指出山藥的褐變同時與多酚氧化酶之酵素性褐變及非多酚氧化酶之非酵素性褐變有關 (Omidiji and Okpuzor, 1996)。林和盧 (2001) 分別以檸檬酸溶液、氯化鈉溶液及亞硫酸氫鈉溶液浸漬山藥片，瞭解其褐變情形，結果發現以浸漬亞硫酸氫鈉溶液者具有最好的褐變抑制效果。本研究分別嘗試以其建議濃度測試其抑制山藥褐變情形，三種化學試劑皆效果良好，其中以浸漬亞硫酸氫鈉溶液者防止褐變效果最佳。蒸煮程度不夠會影響後續練餡的品質，因此原料的糊化度可作為內餡品質的指標之一，王等 (1997) 曾探討加熱程度對芋泥質地的影響，發現 4 cm 高的芋塊以蒸汽加熱超過 45 分鐘，其中心溫度超過 98°C，糊化度達 98%，質地有下降的趨勢，本試驗之山藥削皮後切成直徑約 5~7 cm，厚度 3~4 cm 之塊狀，均勻的置放於蒸籠上，以高速爐蒸煮 35 kg 原料約需 60 分鐘，其中心溫度為 99°C，糊化度為 98%。一般在調製練餡過程中，副原料的添加順序若顛倒，則餡料水分不易散失，且由於加熱時間過長造成色澤暗化，品質不佳又增加成本，因此需先炒熱山藥後，依序加入糖與麥芽，待炒至山藥吸收糖與麥芽後，再加入油脂續炒，以 1 斤原料來練餡，整個調製練餡過程約需 25 分鐘。餡料完成後為降低微生物污染，需於 60°C 以上進行真空包裝，待冷卻後便可貯存於 4°C 冷藏室備用。

二、蔗糖、麥芽及油脂之最適使用量

由預備試驗結果瞭解製作山藥餡時，當蔗糖濃度低於 22% 或超過 27%，在嗜好性品評之甜度及整體接受性上均不被接受 (數據未示)，因此，最低及最高使用量設定在 22 與 27%；另外預備試驗結果顯示當麥芽濃度低於 55% 時，其產品水活性較高，而貯存性低，若濃度高於 65%，所需練餡時間太長，產品因焦糖化反應或梅納反應而色澤變深，因此，麥芽上下限濃度為 65 及 55%；而油脂上下限濃度選擇 18 及 14%，則因當濃度高於 18% 會有出油率高的現象，而低於 14% 時則產品之保水性差。

因此，本試驗中三變數、三層階之中心旋轉設計，採用蔗糖 24.5%、麥芽 60%、油脂 16%等為中心點混合使用量，上下限分別為蔗糖 27 與 22%，麥芽 65 與 55%，油脂 18 與 14%。

一般糕餅餡料常因水活性太高，易滋長腐敗性微生物而不耐貯存（Walter and Seeger, 1990），而冷藏餡料雖可延長貯存期限，但有組織硬化現象，因此，在檢測其品質時所使用的指標包括有水含量、水活性、可溶性固形物、硬度及色澤。蔗糖、麥芽及油脂之混合使用量對山藥餡品質之影響結果如表 1 所示，另經由 RSM 所得迴歸係數及統計變方分析值如表 2 及表 3 所示。由反應性狀變方分析結果(表 2) 知各個品質指標對迴歸模式可解釋的變異度 (R^2) 分別為水分 81.8%、水活性 99.4%、可溶性固形物 99.7%、硬度 52.1%、L 值 81.1%及 b 值 99.7%，其中水活性、可溶性固形物及 b 值的 R^2 較高，且三者的缺乏適合度值 (lack of fit) 均不顯著，表示由 RSM 所得之模式非常適切，可由所得之方程式繪圖，而其它品質指標的 R^2 偏低，可能因這些指標與各因子沒有平滑的線性關係 (Motycka et al., 1984)。

另由各變數對模式的總合作用之變方分析結果 (表 3)，無論是水活性、可溶性固形物或 b 值，蔗糖與麥芽對模式具有極顯著影響 ($p < 0.01$)。因此，本研究選擇蔗糖 (X_1) 與麥芽 (X_2) 作為對模式具有較大影響力的因子，並將油脂 (X_3) 中心點層階分別代入迴歸方程式中求得水活性、可溶性固形物與 b 值等指標的三變數二次多項方程式 (Floros and Chinnasn, 1987; Mudahar et al., 1989)，如下所示：

Aw 反應性狀之三變數二次多項方程式：

$$Y = 0.842 - 0.013X_1 - 0.029X_2 + 0.003X_{11} - 0.002X_{22} - 0.002X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

Soluble solids 反應性狀之三變數二次多項方程式：

$$Y = 42.67 + 3.59X_1 + 2.15X_2 - 0.61X_{11} + 0.07X_{22} + 0.18X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

b value 反應性狀之三變數二次多項方程式：

$$Y = 11.23 + 0.56X_1 + 1.13X_2 - 0.09X_{11} + 0.01X_{22} + 0.06X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

上列方程式經 Design-Expert System 軟體繪圖，可同時得到等效應曲線圖及反應曲面圖 (圖 2 至圖 7)。以產品之水活性為指標時，當油脂濃度固定為 16%時，蔗糖濃度在 24.125 ~ 27%之間，麥芽濃度在 62.8 ~ 65%之間時，其山藥餡之 Aw 值為 0.815 (圖 2、3)；當以產品之可溶性固形物為指標時，油脂濃度固定為 16%，而蔗糖濃度在 25.5 ~ 27%，麥芽濃度在 61 ~ 65%，其山藥餡可溶性固形物為 46.1°Brix (圖 4、5)；若以 b 值為指標時，油脂濃度固定在 16%，蔗糖濃度在 24.45 ~ 27% (圖 6、7)，麥芽濃度在 62.6 ~ 65%，其山藥餡 b 值為 12.34。綜合上述結果，其重疊區域最適點為蔗糖濃度在 25.5 ~ 27%，麥芽濃度在 62.8 ~ 65%，油脂濃度為 16%，以該混合比例所製成之山藥餡水活性值為 0.815，可溶性固形物為 46.1°Brix，b 值為 12.34 (圖 8)。

表 1. 蔗糖、麥芽與大豆油三種因子中心可旋轉反應曲面設計製作之山藥餡反應性狀

Table 1. Quality change of yam filling product prepared with various condition.

處理 ^z Treatment	X ₁	X ₂	X ₃	水分 Moisture mb%	水活性 A _w	可溶性固形物 Soluble solids °Brix	硬度 Hardness g	L	b
1	-1	-1	0	27.84	0.882	36.8	57.3	42.3	9.56
2	1	-1	0	30.78	0.863	43.6	74.7	44.42	10.55
3	-1	1	0	24.95	0.828	40.3	56.7	39.78	11.63
4	1	1	0	25.94	0.803	47.8	64.3	40.69	12.87
5	-1	0	-1	29.16	0.865	38.1	68.3	43.7	10.36
6	1	0	-1	28.55	0.833	45.3	55.7	42.93	11.5
7	-1	0	1	26.38	0.861	38.5	81.3	41.3	10.73
8	1	0	1	25.22	0.832	45.7	57	40.31	11.87
9	0	-1	-1	29.66	0.870	39.8	83.3	43.81	9.98
10	0	1	-1	26.67	0.816	44.8	50.7	41.53	12.28
11	0	-1	1	28.95	0.873	40.6	57.3	43.46	10.12
12	0	1	1	27.36	0.813	45.1	61	42.16	12.46
13	0	0	0	24.83	0.842	42.8	55	39.09	11.22
14	0	0	0	24.68	0.845	42.5	61	40.18	11.26
15	0	0	0	25.17	0.840	42.7	58	39.52	11.21

^z X₁ (-1, 0, 1): sucrose (%) (22, 24.5, 27).X₂ (-1, 0, 1): malt (%) (55, 60, 65).X₃ (-1, 0, 1): oil (%) (14, 16, 18).

表 2. 蔗糖、麥芽與大豆油三種因子中心可旋轉反應曲面設計之反應性狀變方分析

Table 2. Analysis of variance for the response of yam filling product prepared with sucrose, malt and edible oil.

來源 Sources	df	平方和 Sum of squares					
		水分 Moisture mb%	水活性 A _w	可溶性固形物 Soluble solids	硬度 Hardness	L	b
Model	9	45.347518	0.007966**	142.0452**	705.626833	33.854932	12.921958**
Linear	3	24.222325	0.007879**	140.3925**	216.9475	15.088675	12.875575**
Quadratic	3	19.608943	0.000066	1.467667	101.024333	18.148032	0.030358
Cross product	3	1.516250	0.000020	0.185	387.655	0.618225	0.016025
Residual	5	10.063642	0.000052	0.464167	649.5025	7.873242	0.031575
Lack of fit	3	9.937575	0.000039	0.4175	631.5025*	7.270375	0.030175
Pure error	2	0.126067	0.000013	0.046667	18	0.602867	0.0014
R-Square		0.8184	0.9935	0.9967	0.5207	0.8113	0.9976

*** 分別表示 LSD 在 5%及 1%水準差異顯著。

*** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

表 3. 蔗糖、麥芽與大豆油三種因子對山藥餡反應性狀之整體總合作用的變方分析

Table 3. Analysis of variance for overall effect of the process variables on the response of yam filling product prepared with sucrose, malt and edible oil.

變因 Process variables	平方和 Sum of squares						
	df	水分 Moisture mb%	水活性 Aw	可溶性固形物 Soluble solids	硬度 Hardness	L	b
蔗糖 Sucrose	4	4.127606	0.001427**	104.45016**	131.376058	2.714754	2.585605**
麥芽 Malt	4	30.536740	0.006525**	37.18141**	559.414519	20.345538	10.20892**
大豆油 Edible oil	4	14.813763	0.0000324	0.606314	414.437692	13.768066	0.143902*

*** 分別表示 LSD 在 5%及 1%水準差異顯著。

*** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

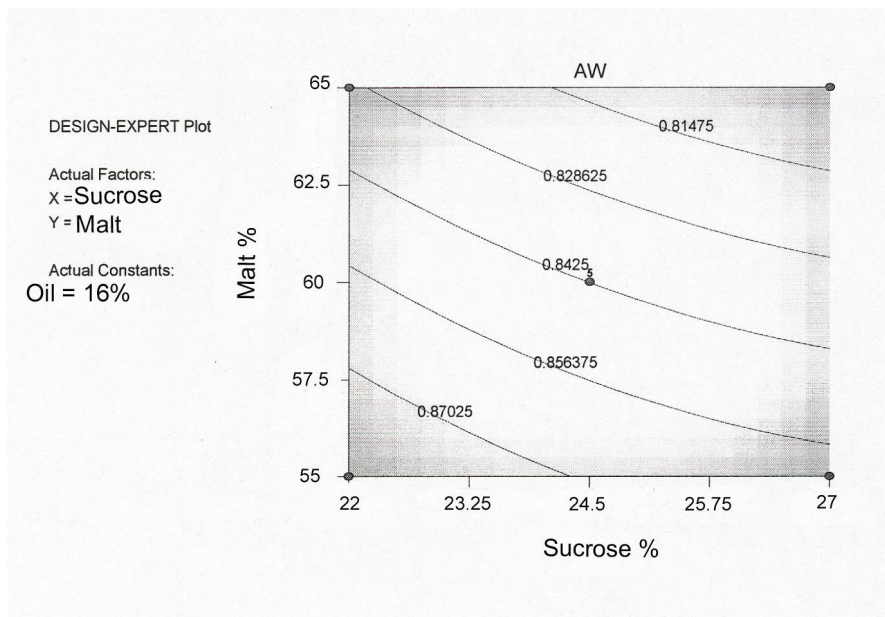


圖 2. 使用 16%油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡水活性變化之等效應曲線圖

Fig. 2. Contour plot for optimum response of water activity of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup and 16% edible oil.

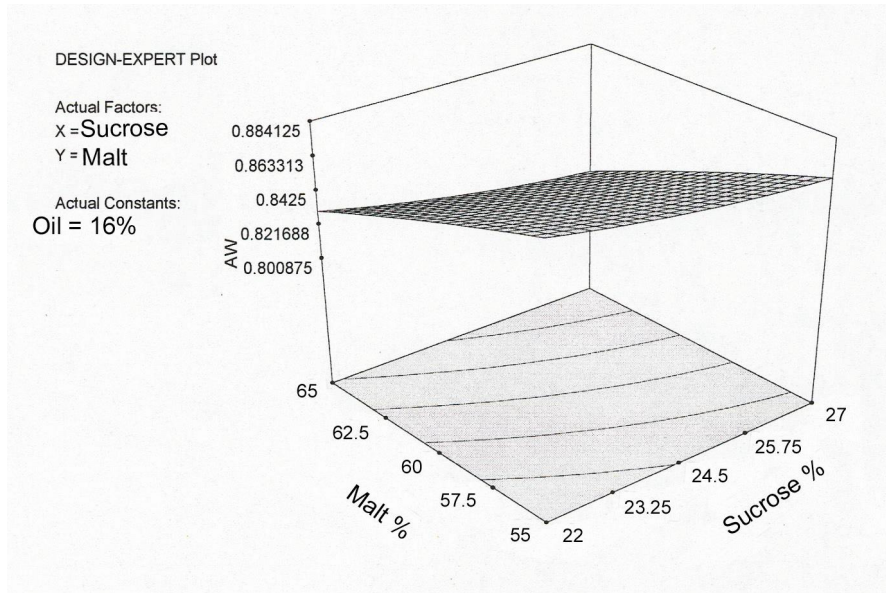


圖 3. 使用 16% 油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡水活性變化之反應曲面圖
 Fig. 3. Response surface plot for optimum response of water activity of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup and 16% edible oil.

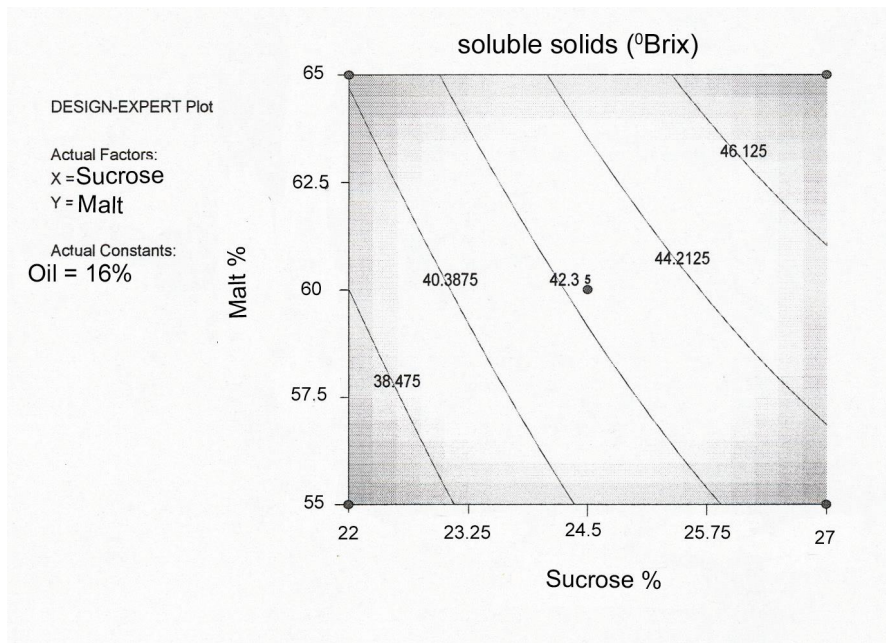


圖 4. 使用 16% 油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡可溶性固形物變化之等效應曲線圖
 Fig. 4. Contour plot for optimum response of soluble solids of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup and 16% edible oil.

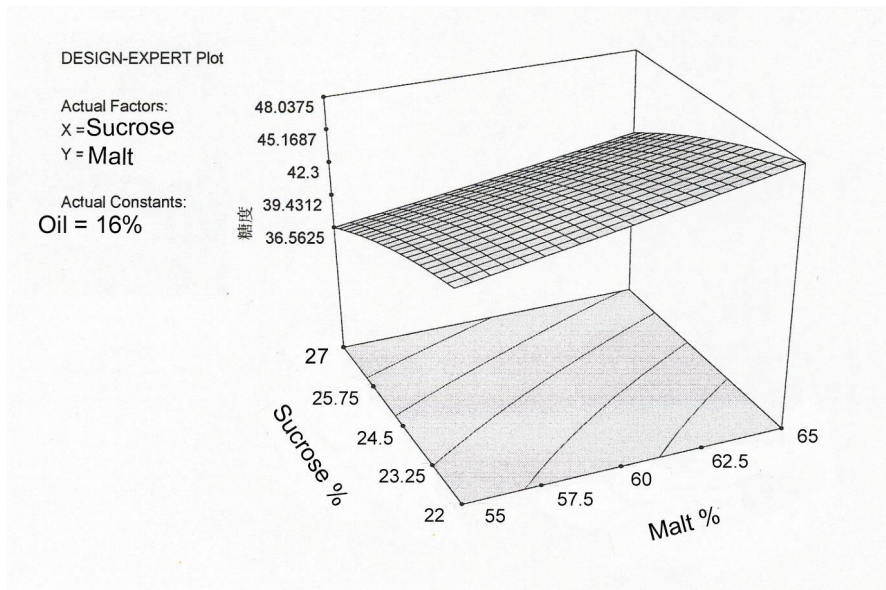


圖 5. 使用 16%油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡可溶性固形物變化之反應曲面圖
Fig. 5. Response surface plot for optimum response of soluble solids of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup and 16% edible oil.

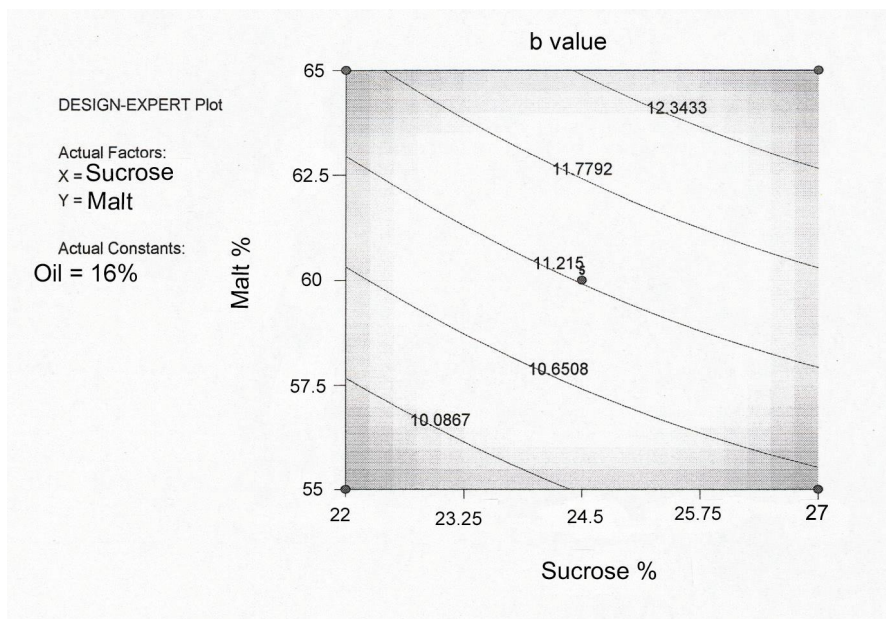


圖 6. 使用 16%油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡 b 值變化之等效應曲線圖
Fig. 6. Contour plot for optimum response of b value of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup and 16% edible oil.

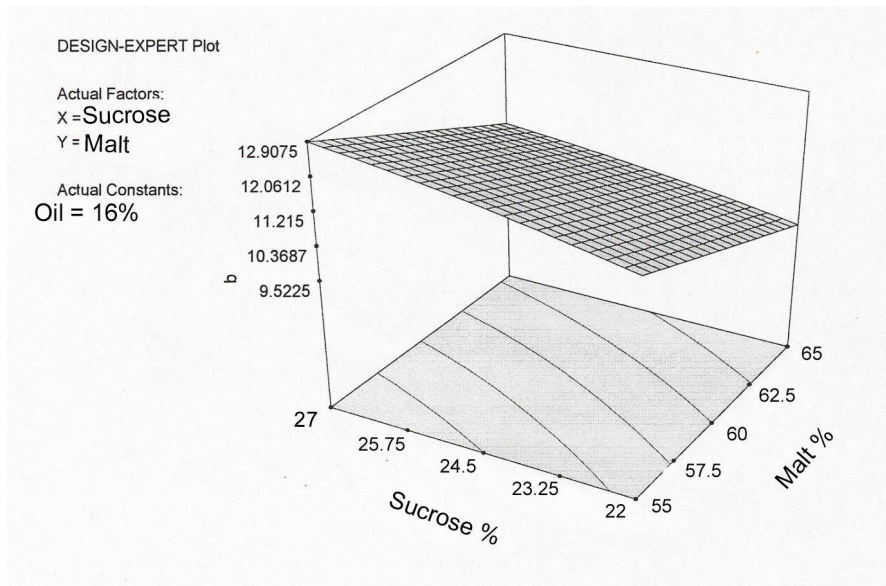


圖 7. 使用 16%油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡 b 值變化之反應曲面圖
 Fig. 7. Response surface plot for optimum response of soluble solids of yam filling product prepared with sucrose, malt syrup in the presence of 16% edible oil.

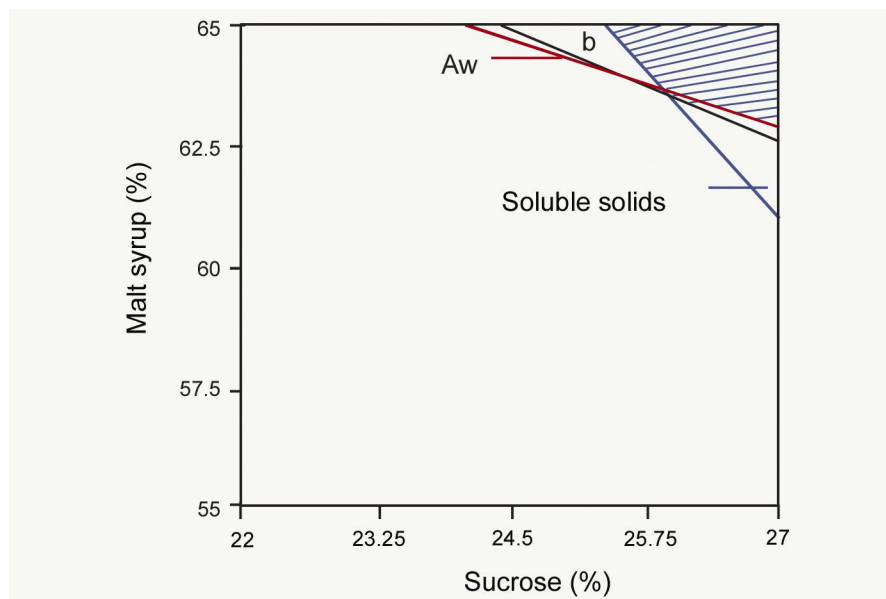


圖 8. 使用 16%油脂條件下蔗糖與麥芽之不同使用量對山藥餡水活性、可溶性固形物及 b 值變化之等效應曲線重疊圖
 Fig. 8. Combination of contour plots for optimum response of water activity, soluble solids and b value of yam filling product prepared with sucrose, malt in the presence of 16% edible oil.

三、山藥餡料之品質分析及嗜好性品評

以蔗糖、麥芽及油脂之最適使用量製作之山藥餡進行真空包裝後，同時進行一般品質分析及官能品評。表 4 為一般配方與較適配方所製備山藥餡經二週貯存之品質分析情形，由該分析結果得知以一般配方製備者其水活性及硬度值均較較適配方者為高。

在嗜好性品評部分，將一般糕餅內餡之配方比例所製成之山藥餡當作對照組，與以較適配方條件所製備之山藥餡進行官能品評，其品評結果如表 5 所示，對照組之色澤因所使用麥芽濃度較低，加熱練餡時間較短，產品之色澤較接近原料之原色，推測是品評分數較高之原因；除了香味及色澤外，統計分析顯示以較適配方所製作之山藥餡，其口感、甜度及整體接受性與對照組之間有顯著差異 ($p < 0.05$)，評分皆較對照組為佳，均為喜歡的程度 (7 分以上)，顯示接受性良好。

表 4. 不同配方所製備山藥餡經二週貯存之品質分析

Table 4. Quality changes after two weeks storage at 4°C of yam filling products prepared with different formula.

樣品 Sample	水含量 Water content mb%	水活性 Water activity	可溶性固形物 Soluble solids °Brix	硬度 Hardness g	L	b
較適配方 Optimal formula	26.26	0.823	46.1	117.7	41.03	12.34
對照組 Comparison group	41.74	0.931	27.0	438.5	61.35	9.10

表 5. 不同配方所製備山藥餡經二週貯存之官能品評

Table 5. Sensory evaluation after two weeks storage at 4°C of yam filling products prepared with different formula.

樣品 Sample	香味 Flavor	口感 Texture	甜度 Sweetness	色澤 Color	整體接受度 Overall
較適配方 Optimal formula	5.9 ^a	8.2 ^a	7.6 ^a	6.3 ^a	8.0 ^a
對照組 Comparison group	5.8 ^a	5.6 ^b	5.8 ^b	6.8 ^a	5.7 ^b

同行英文字母相同者表示 LSD 在 5% 水準差異不顯著。

Mean values within column followed the same letters are not significantly different by LSD at 5% probability level.

參考文獻

- 王俊權、朱瑞姿、張永和。1997。蒸汽加熱與攪打時間對芋泥質地的影響。中國農業化學會誌 35:184-194。
- 王俊權、蕭祺娟、洪憶萍、張永和。1998。蔗糖對芋頭澱粉膠回凝的影響。中國農業化學會誌 36:99-110。
- 王俐婷、宋賢一、張珍田。1998。基隆山藥塊莖採收後之生化學研究。中國農業化學會誌 36:547-554。
- 江伯源、鄭惟仁。1999。捍衛健康的新興戰士—山藥。農業世界雜誌 196:86-89。
- 林意清、盧訓。2001。抑制山藥塊莖去皮及熱風乾燥時褐變發生之研究。中華農學會報 2:267-276。
- 徐輝妃、黃鵬。1997。山藥的營養及保健價值與食用法介紹。花蓮區農業改良場專訊 19:7-9。
- 高馥君。1995。芋泥餡料之加工及品質改進研究。84年度米穀類加工產品研究成果彙編 p.161-198。
- 黃書政、蕭泉源、紀學斌。2002。利用反應曲面法探討葡萄糖酸內酯、丙二醇及乳酸鈉之混合添加對中式香腸保存性之影響。台灣農業化學與食品科學 40:295-306。
- 黃瑞美、呂政義、蔣見美。1988。傳統鳳片糕老化機制之探討。中國農業化學會誌 26:338-352。
- 劉新裕、林義恭、賴瑞聲、王昭月。2000。保健植物山藥之安全性與機能性。農業世界雜誌 208:50-56。
- 劉新裕、張同吳、林義恭、王昭月。2000。優良保健植物—山藥。農業世界雜誌 197:41-45。
- 劉新裕、張同吳、林義恭、陳淑芬、王昭月、朱良戩、王順成。1999。山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究。中華農業研究 48:1-22。
- 賴喜美、吳幸芬。芋泥加工及品質改進之探討。84年度米穀類加工產品研究成果彙編 p.199-214。
- 龔財立、姜金龍、劉新裕、黃鵬。1995。山藥。台灣農家要農作篇(一) p.175-182。
- Box, G.E.P., and D.W. Behnken. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*. 2:455-463.
- Design-Expert®. 1997. Version 5.0.9. Stat-Ease Inc., USA.
- Dubois, M., K.A. Gilles., J.K. Hamilton., P.A. Roberts, and F.Smith. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- Floros, J.D., and M.S. Chinnasn. 1987. Optimization of pimiento pepper lye-peeling process using response surface methodology. *Trans. ASAE.* 30:560-566.
- Kainuma, K., A. Matsunaga., M. Itagawa, and S.K. Kobayashi. 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.* 28:235-240.
- Larmond, E. 1982. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Research branch Canada department of agriculture publication. 1637.
- Motycka, R.R., R.E. Devor, and P.J. Bechtel. 1984. Response surface methodology approach to the optimization of boneless ham yield. *J. Food Sci.* 49:1386-1391.
- Mudahar, G.S., R.T. Toledo., J.D. Floros, and J.J. Jen. 1989. Optimization of carrot dehydration process using response surface methodology. *J. Food Sci.* 54:714-718.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153:375-380.

- Omidiji, O., and J. Okpuzor. 1996. Time course of ppo-related browning of yam. *J. Sci. Food Agric.* 70:190–196.
- Ring, S.G. 1985. Some studies on starch gelation. *Starch.* 37:80–83.
- SAS Procedures Guide for Personal Computers: SAS User's Guide Statistics. 1985. SAS Institute, Carry, NC., USA.
- Spies, R.D., and R.C. Hosney. 1982. Effect of sugars on starch retrogradation. *Cereal Chem.* 59:128–131.
- Walter, R.H., and S.C. Seeger. 1990. Water activity and moisture content of selected foods of commerce in Hawaii. *J. Food Prot.* 53:72–74.
- Wang, Y.J., and J. Jane. 1994. Correlation between glass transition temperature and starch retrogradation in the presence of sugars and maltodextrins. *Cereal Chem.* 71:527–531.

Study on Yam Filling Processing by Response Surface Methodology

Mei-Fang Hsu

Summary

The purpose of this study is to develop the sweet yam products by using local produced yam. Response Surface Methodology (RSM) was used to investigate the optimum condition and effect of sucrose, malt syrup and edible oil in yam filling products. A central rotatable design, three-variable and three-level, was adopted and water activity, soluble solids, and b value of products were investigated as quality indicators. The amount of sucrose and malt syrup were significantly different at 1% level no matter what was water activity, soluble solids or b value from analysis of variance for overall effect of the process variables on the response of yam filling products ($p < 0.01$). The optimum amount for yam filling product was 25.5 to 27% of sucrose, 62.8 to 65% of malt, and 16% of edible oil and the water activity, soluble solids and b value of the product were 0.82, 46.1 °Brix and 12.34. Regarding sensory evaluation, the texture, sweetness and the overall acceptability of the product prepared with optimal formula were significantly different at 5% level with control group ($p < 0.05$). The results indicated that the yam filling product thus prepared was accepted well.

Key words: yam filling, response surface methodology.