

利用反應曲面法探討山藥塗抹醬之最適加工條件

許美芳、洪偉玲

摘 要

利用反應曲面法開發山藥塗抹醬，探討山藥、麥芽糖及食用膠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，以塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性變化為指標。由所得之迴歸分析顯示山藥與麥芽糖對山藥醬的塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性有極顯著影響($P < 0.01$)，當食用膠濃度固定為 0.5%，其最適化之製餡濃度為山藥濃度在 50.8 ~ 55%，麥芽糖濃度在 28.3 ~ 30%，以該比例所製成之山藥醬塗抹性值為 597.19，硬度值為 6.67 g，膠稠度值為 190.74，凝聚性值為 0.84，膠性值為 16.36 g；嗜好性品評試驗結果之統計分析顯示，以較適配方所製作之山藥醬，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：山藥塗抹醬、反應曲面法

前 言

山藥原名薯蕷，俗名淮山，為薯蕷科(*Dioscoreaceae*)薯蕷屬(*Dioscorea*)多年生蔓性根莖類植物，具高產及富含營養之特色，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)。目前國內山藥栽培面積近 1,000 公頃，北部栽培面積約 300 公頃，其價格隨著栽培面積及產量的增加而降低，急需以多元化的加工方式，提高山藥的加工利用。目前國內山藥加工產品包括有冷凍山藥塊、山藥粉、山藥麵食類、山藥內餡、山藥餅乾、山藥冰品等等，山藥塗抹醬則鮮見。利用根莖類原料生產加工成塗抹醬之產品幾乎沒有，王與賴(1999)曾試製芋頭醬，發現最適配方為

糖 150 g、水 150 g 及鹿角菜膠 0.3 g。本計畫為利用反應曲面法試驗設計開發山藥塗抹醬最適配方，探討山藥、麥芽糖及食用膠對山藥塗抹醬品質與物化性之影響，提高山藥的加工利用。

材料與方法

一、試驗材料

本研究之紅皮削 (*D.alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Pouch.) 山藥原料為於 2004 年 2 月購自三芝農會。副原料之蔗糖為台糖細粒特砂；麥芽糖購自谷統公司。

二、試驗方法

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

使用山藥 (X_1)、麥芽糖 (X_2) 及食用膠 (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出來的上、下限及中心點, X_1 之上限、中心點及下限分別為 45、50%及 55%, X_2 分別為 10、20%及 30%, X_3 分別為 0.3、0.5%及 0.7%。反應性狀之指標測定包括水含量、水活性、糖度、pH、硬度、黏度、色澤、塗抹性、膠稠度、凝聚性及膠性等項目。

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、分析方法

pH值以酸鹼度計 (pHep[®]5, HI98128, Hannon Instrument, Inc.) 測定。可溶性固型物以數位式曲折度計 (ATAGO Refractometer PR-101, ATAGO Co., LTD) 測定, 於 20 °C 下之[°]Brix表示。水活性測定 (Walter and Seeger, 1990) 以Rotronic HYGROSKOP BT-RS1 測定之。水分含量測定為先精秤鋁盤淨重, 再將 5 g 樣品均勻塗佈於盤面, 放入 105 °C 烘箱, 乾燥 24 hr 至恆重, 以重量百分比計算之。色澤以

色差儀 (NIPPON DENSHOKU Color Meter ZE2000, Nippon Denshoku Kogyo Co., LTD) 進行分析，以 Hunter L. a. b.值表示，L = 100 為全白，L = 0 為全黑；a = + 時為紅色，a = - 時為綠色，a = 0 則為灰色；b = + 時為黃色，b = - 時為藍色，b = 0 則為灰色。粘度(centipoises, cp)以旋轉式粘度計(Brookfield Model RVDV-II+ Viscometer, USA) 測定，取樣 100 g 置入 100 ml 燒杯，RV spindle 為 No.S06，轉速 1 rpm，溫度 20 °C 下，連續檢測 2 min 後記錄數值 (Torque %)，再乘以 10000，即為所求粘度。

塗抹性以物性測定儀 (TA. XTplus Texture Analyser, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK) 測定，取適量樣品充填於圓錐形容器 (宜避免氣泡存在)，表面以抹刀整平，平衡 3 min 後，以 1 mm sec⁻¹ 等速下壓樣品 23 mm，Trigger Force 為 10 g，測定所需之力，以硬度 (Firmness, g) 表示，所需的力越大則塗抹性越低。TPA 測定亦以物性測定儀測定，使用 P/0.5S 球型不鏽鋼探頭 (1/2 inch diameter ball probes)，壓縮樣品 2 次。將 50 g 樣品均勻充填於直徑 3.5 cm 的容器 (宜避免氣泡存在)，以 1 mm sec⁻¹ 等速下壓樣品 20 mm，Trigger Force 為 5 g，測定硬度 (Hardness)、膠稠度 (Adhesiveness)、凝聚性 (Cohesiveness)、彈性 (Springiness)、回彈性 (resilience)、膠性 (Gumminess) 的表現。

官能品評以 5 分制嗜好性評分法，5 分為最喜歡，1 分為最討厭 (Larmond, 1982)，針對外觀色澤、香味、風味、口感及整體接受性進行品評，品評員為未經訓練之桃園區農業改良場同仁。

結果與討論

一、山藥、麥芽及食用膠之最適使用量

由預備試驗結果發現山藥、麥芽及食用膠之上、下限使用量分別為 45 ~ 55%，10 ~ 30% 及 0.3 ~ 0.7%。因此，本試驗中三變數、三層階之中心旋轉設計，採用山藥 50%、麥芽 20%、食用膠 0.5% 等為中心點混合使用量。

山藥、麥芽及食用膠之混合使用量對山藥醬品質之影響結果如表 1 所示，而利用貯存 7 天山藥醬之 3 個變因對理化性質反應性狀之整體總和作用之變方分析可經由 RSM 得到迴歸係數及統計變方分析值 (表 2 及表 3)。由反應性狀變方分析結果 (表 3) 知塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性指標對迴歸模式可解釋的變異度 (R²) 分別為 99.1、98.1、99.3、95.4% 及 99.0%，且其缺乏適合度值 (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 R² 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)，無論是塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性，山藥與麥芽對模式具有極顯著影響 ($p < 0.01$)。因此，本研究選擇山藥 (X_1) 與麥芽 (X_2) 作為對模式具有較大影響力的因子，並將食用膠 (X_3) 中心點層階分別代入迴歸方程式中求得塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性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：

塗抹性反應性狀之三變數二次多項方程式

$$Y = 196.77 - 99.08X_1 - 191.63X_2 + 21.05X_{11} - 92.09X_{22} - 99.26X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

硬度反應性狀之三變數二次多項方程式

$$Y = 10.02 + 3.35X_1 + 6.13X_2 - 0.49X_{11} + 0.73X_{22} + 0.65X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

膠稠度反應性狀之三變數二次多項方程式

$$Y = 112.7 + 36.70X_1 + 70.87X_2 - 5.88X_{11} + 6.74X_{22} + 6.03X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

凝聚性反應性狀之三變數二次多項方程式

$$Y = 0.88 - 0.02X_1 - 0.04X_2 + 0.006X_{11} - 0.001X_{22} + 0.008X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

膠性反應性狀之三變數二次多項方程式

$$Y = 7.80 + 3.35X_1 + 6.13X_2 - 0.50X_{11} + 0.75X_{22} + 0.65X_1X_2 \quad (X_3 = 0)$$

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，本文僅列出等效應曲線圖(圖 1~5)。以產品之塗抹性為指標時，當食用膠濃度固定為 0.5% 時，山藥濃度在 50.8~55% 之間，麥芽濃度在 28~30% 之間時，其山藥醬之塗抹性值為 597.19 g (圖 1)；當以產品之硬度為指標時，食用膠濃度固定為 0.5%，而山藥濃度在 46~55%，麥芽濃度在 24.615~30%，其山藥醬硬度為 16.67 g (圖 2)；若以膠稠度為指標時，食用膠濃度固定在 0.5%，山藥濃度在 45~55%，麥芽濃度在 25~30%，其山藥醬膠稠度值為 190.74 (圖 3)；而以凝聚性為指標時，食用膠濃度固定在 0.5%，山藥濃度在 45.5~55%，麥芽濃度在 25~55%，其山藥醬凝聚性值為 0.84 (圖 4)，當以膠性為指標時，食用膠濃度固定在 0.5%，山藥濃度在 48~55%，麥芽濃度在 27.5~55%，其山藥醬膠性值為 16.36 (圖 5)。綜合上述結果，其重疊區域最適點為山藥濃度在 50.8~55%，麥芽濃度在 28.2~30%，食用膠濃度為 0.5%，以該混合比例所製成之山藥醬塗抹性為 597.19 g，硬度為 6.67 g，膠稠度為 190.74，凝聚性為 0.84 及膠性為 16.36 g (圖 6)。

王與賴 (1999) 曾以水量、糖及鹿角菜膠作芋頭醬進行反應曲面分析的三因子，在其報告中發現水量對於芋頭醬硬度與黏度的影響較為顯著，而糖及鹿角菜膠則較無影響。芋頭醬的黏度值隨鹿角菜膠增加而增加，而隨水量的增加而減少。

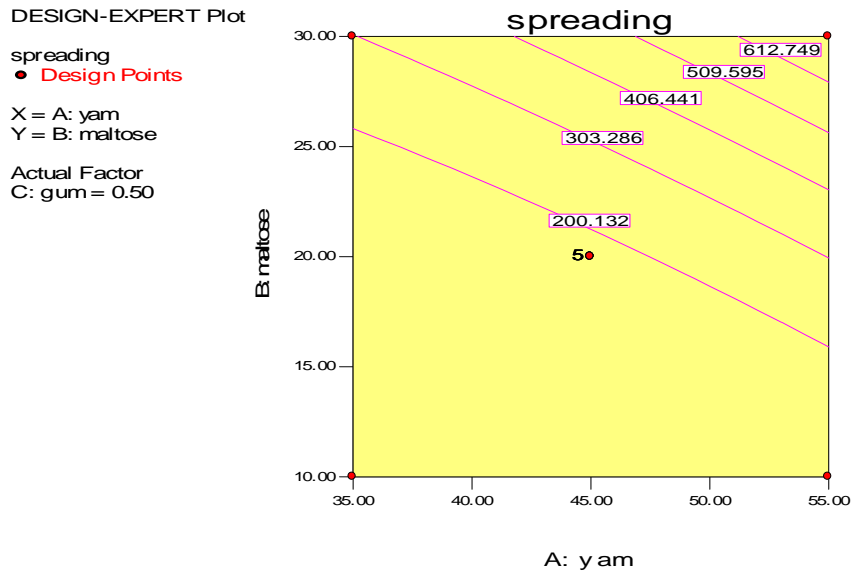


圖 1. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬塗抹性變化之等效應曲線圖
Fig. 1. Contour plot for optimum response of spreading of yam spread product prepared with yam, malt syrup and 5% edible gum.

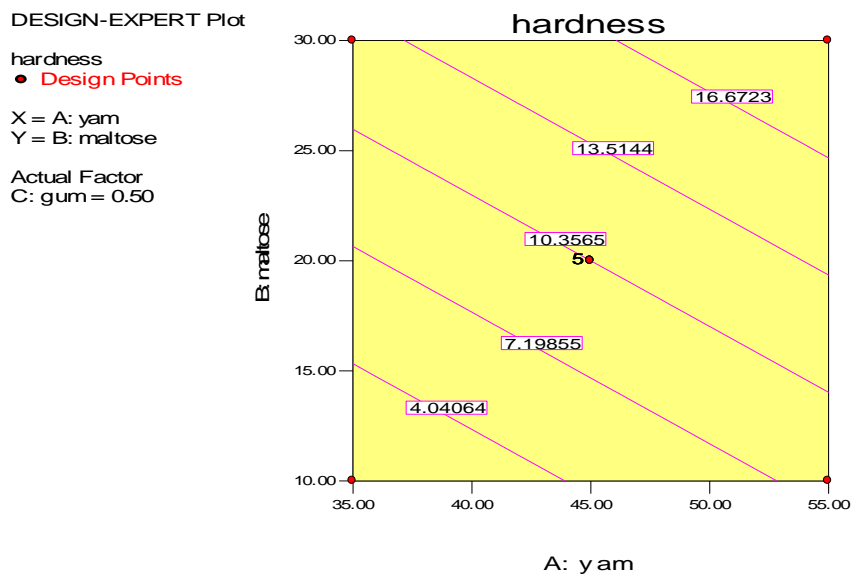


圖 2. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬硬度變化之等效應曲線圖
Fig. 2. Contour plot for optimum response of hardness of yam spread product prepared with yam,

malt syrup and 5% edible gum.

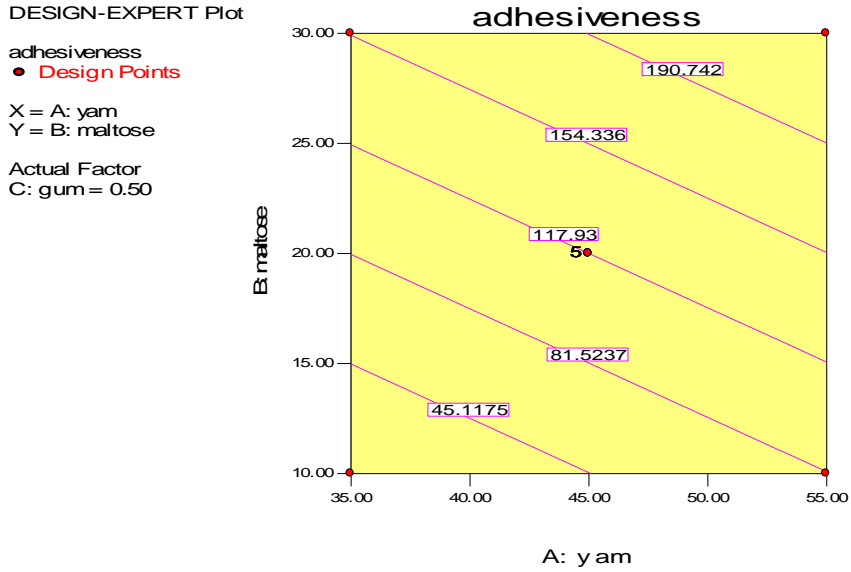


圖 3. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬膠稠度變化之等效應曲線圖

Fig. 3. Contour plot for optimum response of adhesiveness of yam spread product prepared with yam, malt syrup and 5% edible gum.

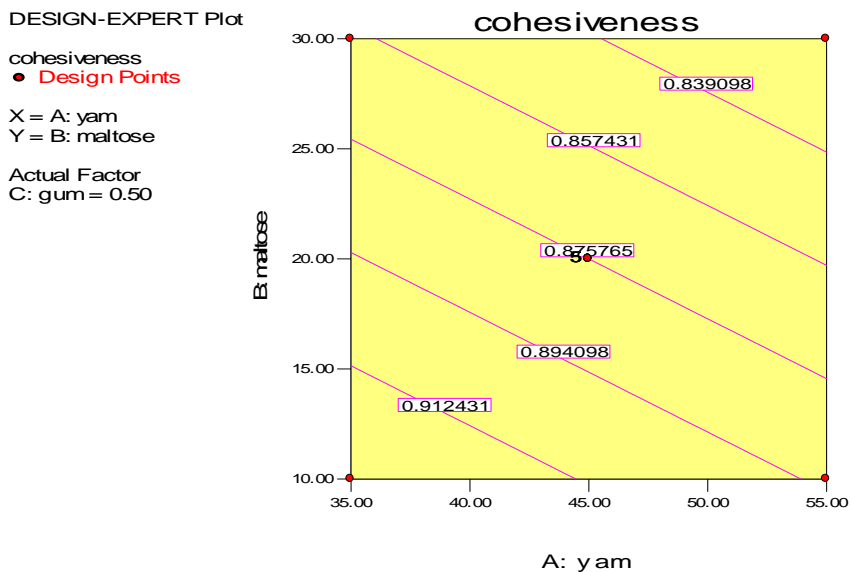


圖 4. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬凝聚性變化之等效應曲線圖

Fig. 4. Contour plot for optimum response of cohesiveness of yam spread product prepared with yam, malt syrup and 5% edible gum.

malt syrup and 5% edible gum.

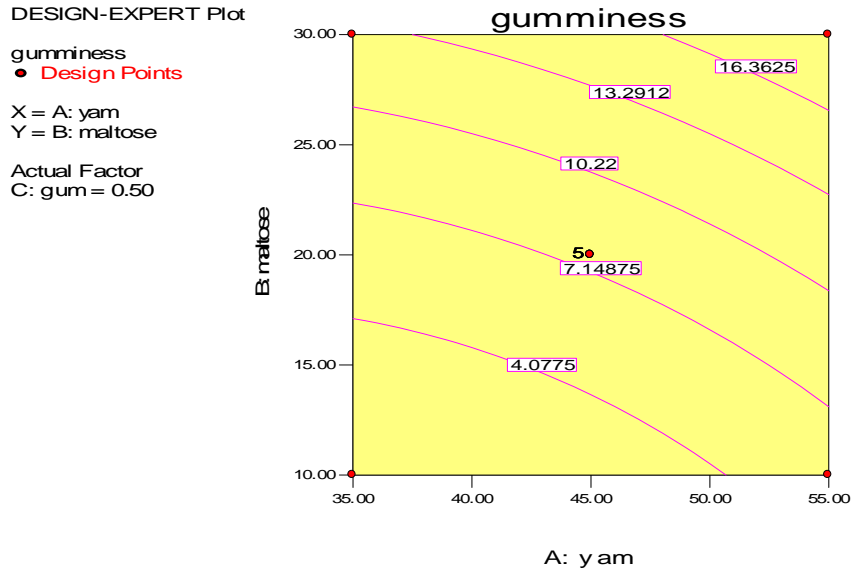


圖 5. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬膠性變化之等效應曲線圖

Fig. 5. Contour plot for optimum response of gumminess of yam spread product prepared with yam, malt syrup and 5% edible gum.

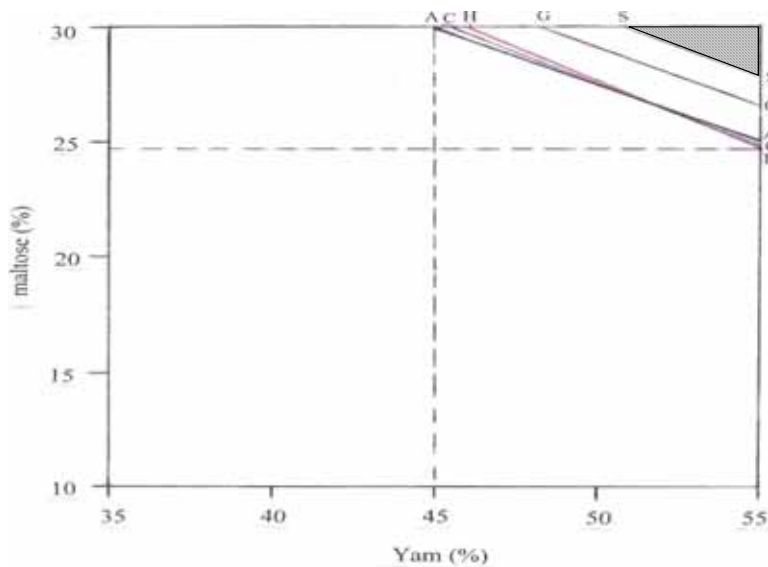


圖 6. 使用 0.5% 食用膠條件下山藥與麥芽之不同使用量對山藥醬塗抹性、硬度、膠稠度、凝聚性及膠性變化之等效應曲線重疊圖

Fig. 6. Combination of contour plots for optimum response of spreading, hardness, adhesiveness, cohesiveness and gumminess of yam filling product prepared with yam, malt syrup and 5% edible gum.

二、山藥醬之品質分析及嗜好性品評

以山藥、麥芽及食用膠之最適使用量製作之原味及黑糖山藥醬產品，同時進行一般品質分析及官能品評。表 4 為市售產品與較適配方所製備山藥醬經 1 週貯存之品質分析情形，由該分析結果得知市售產品之可溶性固形物與膠稠度均較本場試製產品為高，而黏度及塗抹性則較低。

在嗜好性品評部分，將市售山藥醬當作對照組，與以較適配方條件所製備之試製山藥醬（原味及黑糖口味）進行官能品評，統計分析顯示以較適配方所製作之山藥醬，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 5）。

表 4. 市售與本場試製山藥醬品質分析

Table 4. Quality analysis of commercial and homemade yam spread.

山藥醬 Yam spread	可溶性 固形物 Soluble solids	水分 Mois- ture	水活性 Aw	L/b	pH	視黏度 Apparent viscosity	塗抹性 Spreadness	硬度 Hardness	膠稠度 Adhesiveness	凝聚性 Cohesiveness	膠性 Gumminess
	°Brix	mb%				cps	g	g	gs		g
試製 Homemade (原味 plain)	32.1	66.0	0.959	59.52/ 7.35	5.95	150000	172.703	9.732	-83.992	0.885	8.611
試製 Homemade (黑糖味 black sugar)	31.5	62.8	0.959	26.01/ 12.48	5.31	175000	167.112	10.59	-97.516	0.839	8.885
市售 Commercial	50	46.0	0.916	52.79/ 9.02	6.20	127000	46.36	10.46	-61.50	0.90	n.d.

n.d.: not determined.

表 5. 市售與本場試製山藥醬之官能品評

Table 5. Sensory evaluation of commercial and homemade yam spread.

樣品 Sample	香味 Flavor	口感 Texture	甜度 Sweetness	色澤 Color	整體接受度 Overall
對照組 Comparison group (Commercial)	5.7 a	5.6 b	5.8 b	6.5 a	5.7 b
試製 Homemade (plain)	5.9 a	7.2 a	7.6 a	6.3 a	6.6 a

試製 Homemade (black sugar)	6.1 a	7.0 a	7.5 a	7.0 a	7.0 a
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

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

- 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。
- 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。
- 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。
- 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、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。
- Box, G.E.P., and D.W. Behnken. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*. 2:455-463.
- Canovas, G.V.B., and M. Peleg. 1983. Flow parameters of selected commercial semi-liquid food products. *J. Texture Stud.* 14:213-234.
- Design-Expert ©. 1997. Version 5.0.9. Stat-Easa Inc., USA.
- Floros, J.D., and M.S. Chinnasn. 1987. Optimization of pimiento pepper lye-peeling process using response surface methodology. *Trans. ASAE*. 30:560-566.
- Larmond, E. 1982. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Research branch Canada department of agriculture publication. 1637.
- 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.
- 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.
- SAS Procedures Guide for Personal Computers: SAS User's Guide Statistics, 1985. SAS Institute, Carry, NC., USA.
- 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.

Study on Yam Spread Processing by Response Surface Methodology

Mei-Fang Hsu and Wei-Ling Hung

Summary

The purpose of this study is to develop a yam spread product from local produced yam. Response surface methodology (RSM) was adopted to evaluate the combination of three variables, such as yam content, maltose and gum, on yam spread process. Three-variable-three-level central rotatable design was used, and the spreading, hardness, adhesiveness, cohesiveness and gumminess were investigated as quality indicators. The amount of yam and maltose were significantly different at 1% level, no matter what was spreading, hardness, adhesiveness, cohesiveness or gumminess from analysis of variance for overall effect of the process variables on the response of yam spread product ($P < 0.01$). The optimum amount for yam spread product was 50.8 to 55% of yam, 28.3 to 30% of malt, and 0.5% of gum and the spreading, hardness, adhesiveness, cohesiveness and gumminess value of the product were 597.19, 6.67 g, 190.74, 0.84 and 16.36 g respectively. 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 spread product thus prepared was accepted well.

Key words: yam spread, response surface methodology.