

甘藷花青素與多酚含量之研究¹

鄭統隆² 施怡如² 曾東海² 賴永昌³ 吳明哲^{2,4}

摘 要

鄭統隆、施怡如、曾東海、賴永昌、吳明哲。2008。甘藷花青素與多酚含量之研究。台灣農業研究。57:33-48。

甘藷 (*Ipomea batatas*) 之不同品種具有豐富之色彩，其花青素組成份及抗氧化能力值得開發研究。試驗結果得知紫紅色系之藷皮及藷肉均有花青素之合成，花青素之種類有紫紅色的矢車菊素 (cyanidin) 及紅色的芍藥素 (peonidin)，顏色愈深花青素含量愈高，但台農 73 號藷皮及藷肉之花青素含量均比芋心甘藷低。烘乾藷皮及藷肉之花青素含量比冷凍乾燥大幅減少，但冷凍乾燥及烘乾會比新鮮材料分別提高 10 倍及 3-5 倍之抗氧化能力。花青素含量與抗氧化能力無正相關存在，而與總酚含量呈正相關，但大幅提高花青素含量，對甘藷抗氧化能力有幫助，更可豐富甘藷色彩，增進甘藷多樣性利用，所得結果可供新品種紫肉甘藷台農 73 號之利用及未來育種方向參考。

關鍵詞：甘藷、花青素、多酚、抗氧化活性。

前 言

農產品及蔬果中所含之植物化學物質 (phytochemical)，如花青素、類胡蘿蔔素、類黃酮或其他的酚類化合物 (polyphenols)，具有很強的抗氧化能力，可以降低慢性疾病的發生，如心血管疾病、癌症等 (Ames *et al.* 1993)。

花青素屬於多酚類化合物，基本結構為 C₆-C₃-C₆，會因所帶的羥基數目、羥基甲基化程度及糖基化數目、種類與連接位置等差異而反映出不同的顏色 (Chiu & Fan 1998)。自然界的花青素主要有紫紅色的矢車菊素 (cyanidin)、橘紅色的天竺葵素 (pelargonidin)、藍紫色的飛燕草素 (delphinidin)、紅色的芍藥素 (peonidin)、紫色的矮牽牛素 (petunidin) 及深紫色的錦葵素 (malvidin) (Chiu & Fan 1998)，除了提供植物不同顏色外，可應用於食品工業的天然著色劑 (Bridle & Timberlake 1997)，並具有較強的抗氧化能力，可以抑制脂質過氧化，抵抗自由基的攻擊，還可降低 LDL (低密度膽固醇) 及減少心血管疾病 (Tsuda *et al.* 1996; Wang *et al.* 1997)，值得開發利用。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2910 號。接受日期：97 年 3 月 12 日。
2. 本所生技組副研究員、約用助理、副研究員、研究員兼組長。台灣 台中縣 霧峰鄉。
3. 本所嘉義農業試驗分所農藝系副研究員兼系主任。台灣 嘉義市。
4. 通訊作者，電子郵件：wu@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

甘藷 (*Ipomea batatas*) 又名地瓜、番藷、山芋，屬於旋花科植物，早期主要為食用及飼料用，後來飼料用途逐漸被玉米取代，栽培面積大幅縮減。近年來人們在注重養生保健的情形下，發現甘藷塊根除了含有澱粉、脂肪和蛋白質外，還含有豐富的膳食纖維、礦物質、維生素及抗氧化物，如多酚、花青素、維生素 E 及 β -胡蘿蔔素等 (Goda *et al.* 1997; Teow *et al.* 2007)，尤其肉色呈深橙紅色的甘藷，所含的 β -胡蘿蔔素更豐富 (Teow *et al.* 2007)。因此，甘藷已逐漸為農民及消費者所歡迎，深受消費者喜愛。

紫色甘藷塊根含有矢車菊素及芍藥素等二種花青素 (Goda *et al.* 1997)。甘藷花青素具有良好的穩定性，是一種極佳的天然色素 (Lu & Li 2001)，能提供多種保健功能，例如抑制腫瘤細胞生長之功能、防止高血壓及心血管疾病 (Wang *et al.* 2006; Yoshinaga 1998; Yoshimoto *et al.* 1999)。Kuo (2004) 發現不同甘藷品種之總酚及花青素含量有差異，其中以紅皮芋仔甘藷之藷皮含量最高，同時也具有最強的清除自由基能力及還原能力。甘藷蒸煮過後提高總酚及花青素含量，因而大幅提高清除自由基的能力，其中以紅色藷肉之提高幅度最大 (Huang *et al.* 2006; Saigusa *et al.* 2005)，顯示加工過程也會影響甘藷之抗氧化能力。

農試所嘉義分所於 96 年育成新品種台農 73 號，具有高產及高品質之特性，適合烤藷或其他加工用 (Lai *et al.* 2007)。台農 73 號之藷肉為紫色，商品名為紫玉，紫色藷肉可能含有較高的花青素，可提高其抗氧化能力，增加該品種之多樣性利用，值得進一步研究。又農產之加工過程可能對抗氧化能力有影響，所以本試驗以台農 73 號為材料，配合其他顏色之品種為對照，分析甘藷藷肉及藷皮花青素種類及多酚含量，並比較不同乾燥方法對花青素及抗氧化能力之影響，期能提供新品種甘藷台農 73 號利用及未來育種方向之參考。

材料與方法

本試驗之材料係 95 年秋作之甘藷，品種包括台農 57 號 (TNG 57)、台農 31 號 (TNG 31)、台農 66 號 (TNG 66)、台農 72 號 (TNG 72)、台農 73 號 (TNG 73) 及芋心甘藷 (Purple) 等 6 種 (圖 1)。

材料處理

試驗材料之處理係將甘藷分為藷皮 (skin) (藷皮厚度為 0.7-0.8 mm)、皮下藷肉 (peripheral flesh) 及中心藷肉 (central flesh) 等三部位，皮下藷肉及中心藷肉之界線係均分甘藷橫切之半徑。試驗材料分別以冷凍乾燥 (乾燥時間為 29 hrs 以上，組織可容易用手折碎) (FTS bulk tray dryer, USA) 及 70°C 烘乾 (乾燥時間為 3 天，組織之重量已不再減少) 處理樣品，乾燥後之樣品利用研鉢磨成粉末，存放於 4°C 冰箱，並以新鮮材料做比較。

花青素分析

花青素分析之材料係以含有 1% 鹽酸的甲醇進行萃取，取 0.5 mL 萃取液加入 0.25 mL 2.4 N 鹽酸均勻混合後，在 100°C 下進行酸化 40 mins (Reddy *et al.* 1995)，酸化後以真空濃縮機濃縮 (Thermo SPD111V, USA)，再以含有 1% 鹽酸的甲醇回溶，並以 0.45 μ M 過濾膜過濾，濾液則供高效能液相層析儀 (high performance liquid chromatography, HPLC) 分析花青素之種類及含量。HPLC (Waters 2695, Waters 2996, USA) 分析條件方面，移動相為 69% 水：10% 醋酸：21% 甲醇，流速 1 mL/min，

分析管柱為 ODS column (Inertsil ODS-3 column, 4.6 × 250 mm, 5 μM; Precolumn: Inertsil ODS-3 column, 4.6 × 33 mm, 5 μM) (Shimada *et al.* 1999)。花青素之種類及含量則以矢車菊素、天竺葵素、飛燕草素、芍藥素及錦葵素 (Extrasynthese, France) 等標準品做比對及製作檢量線。

抗氧化及總酚含量分析

試驗材料以 80% 甲醇溶液萃取 2 次，混合兩次萃取液進行抗氧化及總酚含量之分析。抗氧化之分析參考 Huang *et al.* (2004) 的方法，進行清除自由基能力及還原能力等兩項測試。清除自由基能力乃以 0.1 mL 萃取液與 4 mL 含 6.67 μM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical) 之甲醇溶液混合，在室溫避光下作用 10 mins 後，測 517 nm 吸光值。還原能力則以 0.5 mL 萃取液加入含 0.33% 赤血鹽 [K₃Fe(CN)₆] 之 66.7 mM 磷酸緩衝液 (pH 6.6) 中，在 50°C 作用 20 mins，立即置入冰浴快速冷卻方式停止反應後，再加入 0.5 mL 10% 三氯醋酸，以 3,000 rpm 離心 10 mins，取上清液 0.25 mL 與 4.15 mL 含 0.096% 三氯化鐵水溶液作用 10 mins 後，測 700 nm 吸光值。清除自由基能力及還原能力均以每公克乾重與具有 Trolox 相同之能力作表示。總酚含量之分析則參考 Sato *et al.* (1996) 的方法，0.1 mL 萃取液與 1 mL Folin-Ciocalteus 試劑作用 5 mins，加入 0.9 mL 之 20% 碳酸鈉溶液，靜置 10 mins 後，以 3,000 rpm 離心 10 mins，取上清液測 735 nm 吸光值，總酚含量以五倍子酸 (Gallic acid) 作表示。

統計分析

試驗設計採用完全逢機設計 (CRD)，三重複，新鮮材料均依含水率換算成乾重表示。所得資料經變方分析後，若處理間差異顯著，則以 LSD (Fisher's Least Significant Difference) 測驗法比較處理間平均值之差異。花青素含量或總酚含量與抗氧化能力之關係，以相關分析表示相互間的變化。

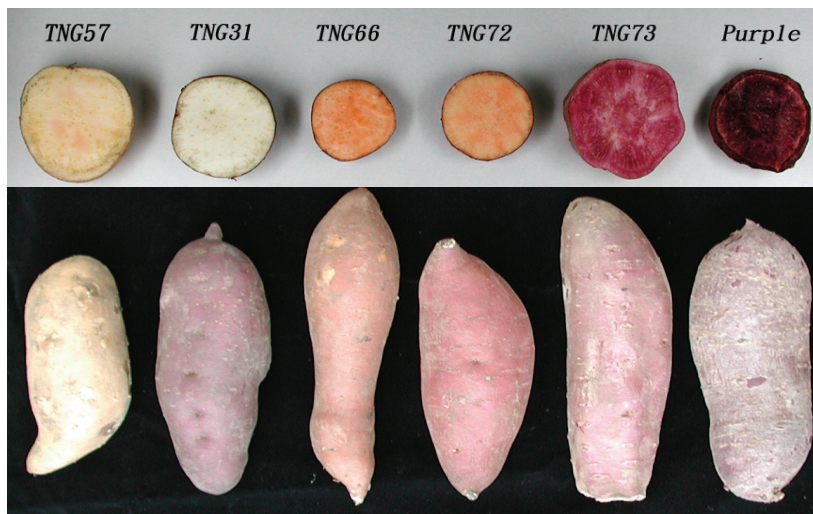


圖 1. 本試驗所分析的 6 個甘藷品種，其薯皮或薯肉具有不同之顏色，或同色系列但其顏色有深淺之差異。

Fig. 1. Six sweet potato cultivars with different color in the storage root were studied. TNG 57: Tainung 57; TNG 31: Tainung 31; TNG 66: Tainung 66; TNG 72: Tainung 72; TNG 73: Tainung 73; Purple: purple sweet potato.

結 果

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後花青素種類及含量分析

本試驗所分析之甘藷品種具有不同之藷皮或藷肉顏色 (圖 1)，在藷皮顏色方面，除台農 57 號為褐色外，其餘均為紅色系列，其中以芋心甘藷及台農 31 號之顏色最深，台農 66 號最淺。在藷肉顏色方面，台農 57 號為黃色，台農 31 號為白色，台農 66 號及台農 72 號為橘色，台農 73 號及芋心甘藷為紫色，而芋心甘藷之顏色比台農 73 號深。

在花青素種類方面，台農 57 號之藷皮未測到任何花青素，台農 31 號可測得矢車菊素，其餘品種均可測到矢車菊素及芍藥素兩種色素，但台農 66 號僅限於冷凍乾燥材料才測到兩種色素。在藷肉方面，只有紫色藷肉台農 73 號及芋心甘藷含有花青素，芋心甘藷含有矢車菊素及芍藥素兩種色素，台農 73 號之矢車菊素含量極低，所以只測得芍藥素 (表 1、2、3)。由圖 1、表 1、表 2 和表 3 之結果可發現，紫紅色系之甘藷才有花青素之合成，而花青素種類只含有紫紅色的矢車菊素及紅色的芍藥素二種花青素。

表 1. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位之新鮮組織內所測得的花青素種類及含量

Table 1. Changes in composition and content of anthocyanin of fresh sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

Cultivar	Region	Concentration ($\mu\text{g/g DW}$)		
		Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	— ^z	—	—
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 31	Skin	783.4 \pm 137.8 ^y	—	783.4 \pm 137.8
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 66	Skin	54.8 \pm 9.0	—	54.8 \pm 9.0
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 72	Skin	32.2 \pm 2.2	60.5 \pm 5.0	92.7 \pm 5.7
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 73	Skin	121.5 \pm 15.4	133.0 \pm 7.2	254.5 \pm 8.2
	Peripheral flesh	—	2.1 \pm 0.7	2.1 \pm 0.7
	Central flesh	—	3.1 \pm 0.2	3.1 \pm 0.2
Purple	Skin	436.2 \pm 77.7	886.0 \pm 77.2	1322.2 \pm 146.4
	Peripheral flesh	22.9 \pm 3.3	84.7 \pm 1.3	107.5 \pm 4.6
	Central flesh	21.2 \pm 1.4	62.6 \pm 5.7	83.8 \pm 7.1

^z Not detected.

^y Mean \pm SE.

在花青素含量方面，藷皮之花青素含量以顏色最深之芋心甘藷及台農 31 號最高，分別高達 1,591 μg 及 783 μg (表 1、2)。藷肉之花青素含量低於藷皮，芋心甘藷及台農 73 號之最高含量分別為 563 μg 及 34 μg (表 2)，芋心甘藷之含量明顯高於台農 73 號，兩品種新鮮材料花青素含量之差異，可高達 50 倍以上。

連結表 1、表 2 和表 3 之結果，得知不同乾燥處理後，藷皮及藷肉花青素之含量會有所變化。新鮮藷皮所測得之含量，有些品種較冷凍乾燥材料高出一些，部分品種則有些許下降 (表 1、2)，但整體而言，其改變之幅度不及烘乾之影響，烘乾過程會造成花青素含量大幅下降，芋心甘藷及台農 73 號分別比冷凍乾燥下降 4 倍及 22 倍 (表 2、3)。冷凍乾燥藷肉的花青素含量明顯高於新鮮藷肉，且中心部位藷肉之含量也高於皮下部位 (表 1、2)。藷肉之花青素也會因烘乾而大幅下降，芋心甘藷及台農 73 號之藷肉經烘乾後分別比冷凍乾燥減少 54 倍及 15 倍 (表 2、3)。藷肉因烘乾後花青素大幅下降，皮下部位及中心部位之差距縮小 (表 3)。

表 2. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位經冷凍乾燥後所測得的花青素種類及含量

Table 2. Changes in composition and content of anthocyanin of freeze-drying sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

Cultivar	Region	Concentration ($\mu\text{g/g DW}$)		
		Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	— ^z	—	—
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 31	Skin	495.5 \pm 74.4 ^y	—	495.5 \pm 74.4
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 66	Skin	45.5 \pm 3.7	9.6 \pm 1.6	55.1 \pm 5.3
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 72	Skin	20.3 \pm 5.3	47.8 \pm 6.1	68.1 \pm 9.9
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 73	Skin	213.7 \pm 23.6	263.0 \pm 12.8	476.8 \pm 10.9
	Peripheral flesh	—	34.3 \pm 8.1	34.3 \pm 8.1
	Central flesh	—	28.3 \pm 9.9	28.3 \pm 9.9
Purple	Skin	558.5 \pm 40.6	1033.4 \pm 15.1	1591.9 \pm 55.7
	Peripheral flesh	216.3 \pm 7.9	347.5 \pm 25.7	563.8 \pm 33.6
	Central flesh	135.7 \pm 23.2	208.9 \pm 19.4	354.8 \pm 42.6

^z Not detected.

^y Mean \pm SE.

表 3. 甘藷表皮、皮下藷肉及中心藷肉等部位經 70°C 烘乾燥後所測得的花青素種類及含量

Table 3. Changes in composition and content of anthocyanin of 70°C drying sweet potato in skin, peripheral flesh and central flesh three regions

Cultivar	Region	Concentration ($\mu\text{g/g DW}$)		
		Cyanidin	Peonidin	Total
TNG 57	Skin	— ^z	—	—
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 31	Skin	387.2 \pm 15.8 ^y	ND	387.2 \pm 15.8
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 66	Skin	8.3 \pm 0.2	ND	8.3 \pm 0.2
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 72	Skin	13.2 \pm 0.6	32.7 \pm 0.2	45.9 \pm 0.8
	Peripheral flesh	—	—	—
	Central flesh	—	—	—
TNG 73	Skin	10.5 \pm 1.0	11.6 \pm 0.4	22.1 \pm 0.7
	Peripheral flesh	—	1.9 \pm 0.3	1.9 \pm 0.3
	Central flesh	—	2.1 \pm 0.2	2.1 \pm 0.2
Purple	Skin	126.4 \pm 0.8	266.2 \pm 21.9	392.6 \pm 21.1
	Peripheral flesh	—	5.1 \pm 0.2	5.1 \pm 0.2
	Central flesh	4.9 \pm 0.8	7.2 \pm 0.1	12.1 \pm 0.9

^z Not detected.^y Mean \pm SE.

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後抗氧化能力分析

在抗氧化能力測定方面，分析新鮮、冷凍乾燥及烘乾甘藷藷皮及藷肉清除自由基 (DPPH) 能力及還原能力。新鮮藷皮之清除自由基能力，以芋心甘藷及台農 66 號最高，其能力分別為 8 及 6，台農 72 號次之，台農 73 號與其他兩個品種則最低，能力只有 2 而已 (圖 2A)。新鮮藷皮之還原能力以芋心甘藷之 178 為最高，其他 5 個品種差異不大，大約 120 左右 (圖 2B)。新鮮藷肉之清除自由基能力及還原能力均明顯比新鮮藷皮低，大約只有藷皮之 1/4 而已，而皮下部位與中心部位差異不大 (圖 2)。無論藷皮或藷肉之冷凍乾燥及烘乾材料，其品種間之差異順序與新鮮材料相似，但冷凍乾燥及烘乾材料之抗氧化能力明顯比新鮮材料高，冷凍乾燥材料之清除自由基能力及還原能力約分別提高 10 倍及 3-5 倍 (圖 3A、3B)，烘乾材料提高之幅度較低，約分別提高 3-4 倍及 2 倍 (圖 4A、4B)。另外，台農 73 號藷肉之抗氧化能力在冷凍乾燥及烘乾後，提高之幅度明顯較多，其抗氧化能力僅低於芋心甘藷而已 (圖 3、4)。

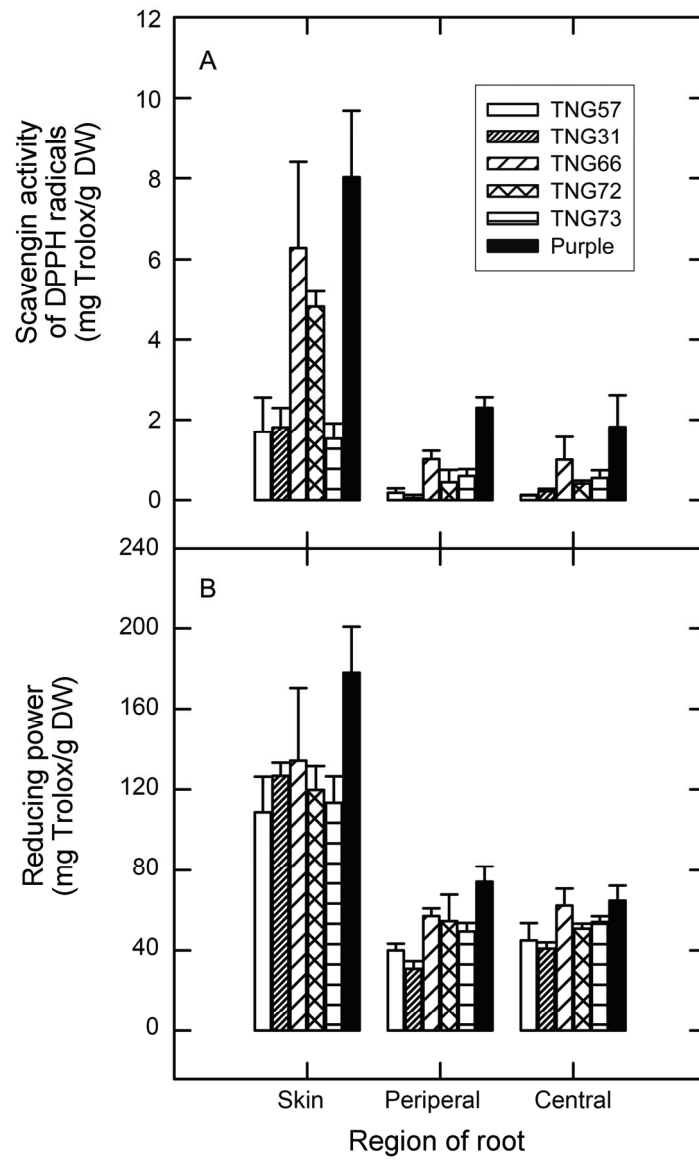


圖 2. 不同甘藷品種之新鮮甘藷藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力。
Fig. 2. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing power of fresh sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, periperal flesh, and central flesh.

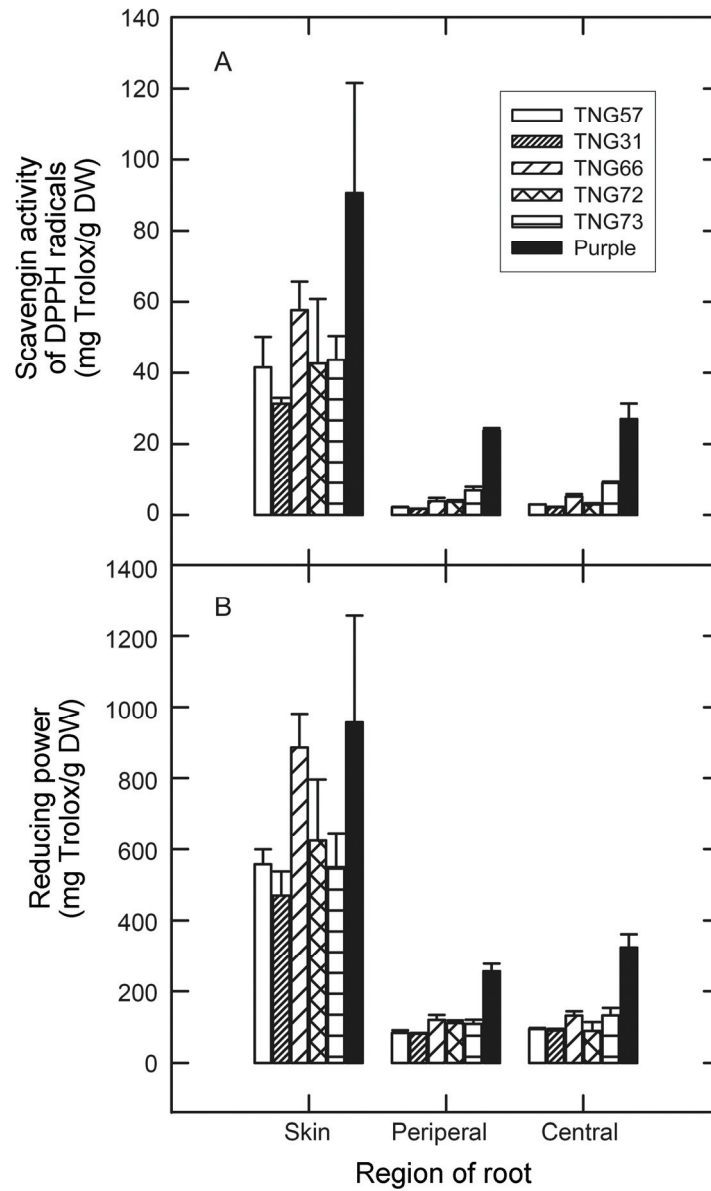


圖 3. 不同甘藷品種之冷凍乾燥乾甘藷藷皮、皮下藷肉及中心藷肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力。

Fig. 3. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing power of freeze-drying sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, periperal flesh, and central flesh.

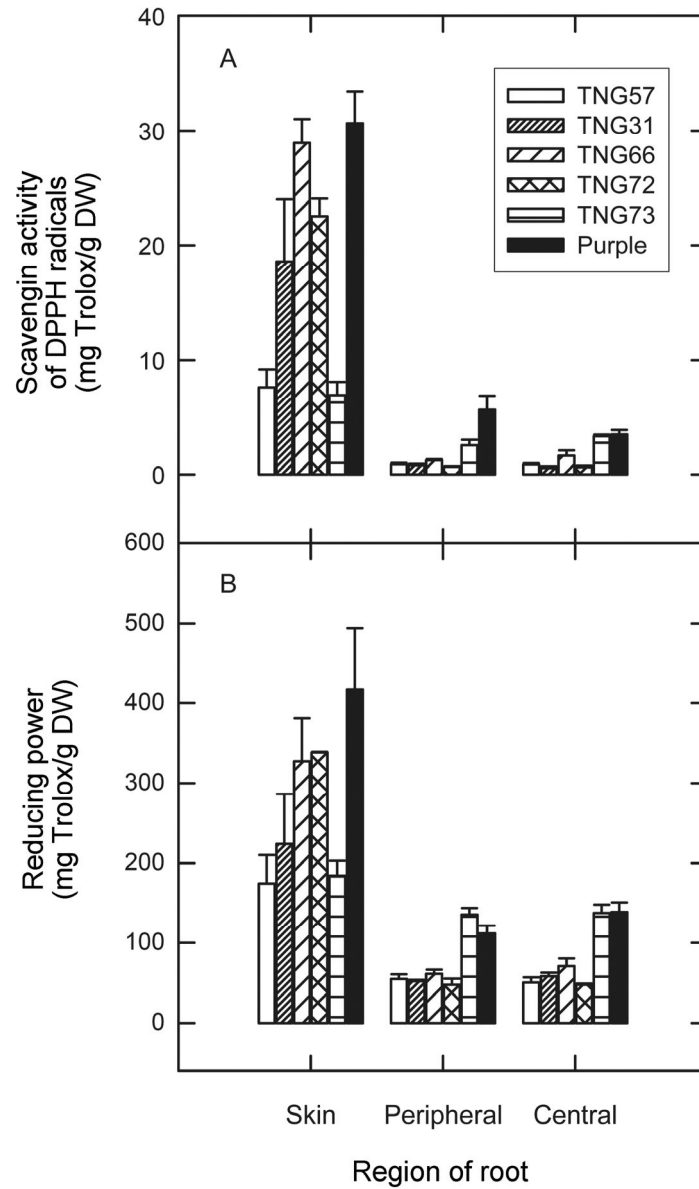


圖 4. 不同甘藷品種 70°C 烘乾之甘藷薯皮、皮下薯肉及中心薯肉等的 (A) 清除自由基能力；(B) 還原能力之比較。

Fig. 4. Changes in scavenging activity of (A) DPPH radicals and (B) reducing power of 70°C drying sweet potato. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

不同顏色甘藷及不同乾燥處理後多酚含量分析

芋心甘藷之藷皮及藷肉具有高花青素含量，也有較高的抗氧化能力；台農 31 號之藷皮也有高花青素含量，但並無高抗氧化能力，台農 66 號之藷皮只含少量花青素，卻有高抗氧化能力 (表 2、圖 3)，所以花青素含量與抗氧化能力無正相關存在 (資料未列出)。甘藷含有相當豐富之多酚化合物，花青素也是多酚之一種，所以芋心甘藷具有高花青素含量及總酚含量 (表 2、圖 5)，因此有最高之抗氧化能力 (圖 3)。測定甘藷總酚含量，發現台農 66 號之藷皮具有高總酚含量，所以有較高的抗氧化能力；台農 73 號藷肉經冷凍乾燥及烘乾後，總酚含量大幅提高，其抗氧化能力僅次於芋心甘藷 (圖 5)。所以將總酚含量與清除自由基能力及還原能力分別做相關分析，結果顯示總酚含量與抗氧化能力呈正相關關係 (圖 6)。

討 論

花青素可以提供花朵多采多姿的顏色，同樣也可提供甘藷顏色，但花青素在塊根內呈現不均勻分佈，通常藷皮花青素含量高於藷肉 (Yoshinaga *et al.* 2000)，皮下藷肉高於中心藷肉 (表 2)。紅色藷皮及紫色藷肉均由花青素 (矢車菊素及芍藥素) 提供顏色，顏色愈深花青素含量也愈高 (圖 1、表 1)，所以由外觀顏色可能可作為甘藷花青素選種之指標，但黃色及橘色藷肉並無花青素之合成，其色素主要由 β -胡蘿蔔素所組成 (Teow *et al.* 2007)。台農 73 號為農試所嘉義分所新育成之紫肉品種，具有高產之特性，每公頃產量為 30 t (Lai *et al.* 2007)，但其藷肉之花青素含量並沒有很高，可能無法提供高抗氧化能力之機能性，或作為色素原料。一般而言，天然色素遇光或遇熱時穩定性較差，但甘藷花青素具有較高的穩定性 (Lu & Li 2001; Xie *et al.* 2004; Yin *et al.* 2004)，可作為天然色素及機能性食品，目前日本及大陸已開發相當多產品 (Xie *et al.* 2004; Yue *et al.* 2003)，但國內以往栽培高花青素品種多由日本引進，其產量均不高 (Peng 2003)，所以才有高產台農 73 號之育成。甘藷花青素主要成分有矢車菊素及芍藥素 (Goda *et al.* 1997; Lai *et al.* 2007)，台農 73 號藷肉只測到芍藥素一種，比 Lai *et al.* (2007) 之結果少了矢車菊素，可能甘藷花青素之合成也會受到期作之影響。所以未來要育成高花青素甘藷品種，甘藷之產量及花青素含量與穩定性均為重要考慮項目。

花青素及酚類化合物均可提供高抗氧化能力，具有預防老化、心血管疾病、癌症等功能 (Ames *et al.* 1993)。甘藷無論藷皮或藷肉之顏色為何，均含有相當豐富之多酚化合物 (圖 5)，所以食用甘藷具有改善肝功能、降低血中膽固醇含量之功能 (Yoshinaga 1998)，而藷皮之總酚含量及抗氧化能力均比藷肉高出許多 (圖 5)，所以全藷利用是有必要的。花青素除可提供甘藷鮮豔之紅紫色外，也可提供高抗氧化能力 (Oki *et al.* 2002; Teow *et al.* 2007)，芋心甘藷之總酚含量不高於台農 66 號，但具有最高之抗氧化能力 (圖 2)，所以花青素提供之抗氧化能力可能高於其他酚類化合物。

Huang *et al.* (2006) 研究蒸煮對甘藷的抗氧化能力，發現甘藷蒸煮後總酚及花青素含量均大幅提高，以紅色藷肉提高最多。Saigusa *et al.* (2005) 也發現紫色藷肉烹煮後具有較高的清除自由基能力，顯示烹煮過程可能會影響其抗氧化能力。而本試驗中烘乾後甘藷之花青素含量明顯低於冷凍乾燥，顯示烘乾過程會破壞花青素結構，致使花青素含量降低 (表 2、3)。但甘藷經由乾燥後，不論

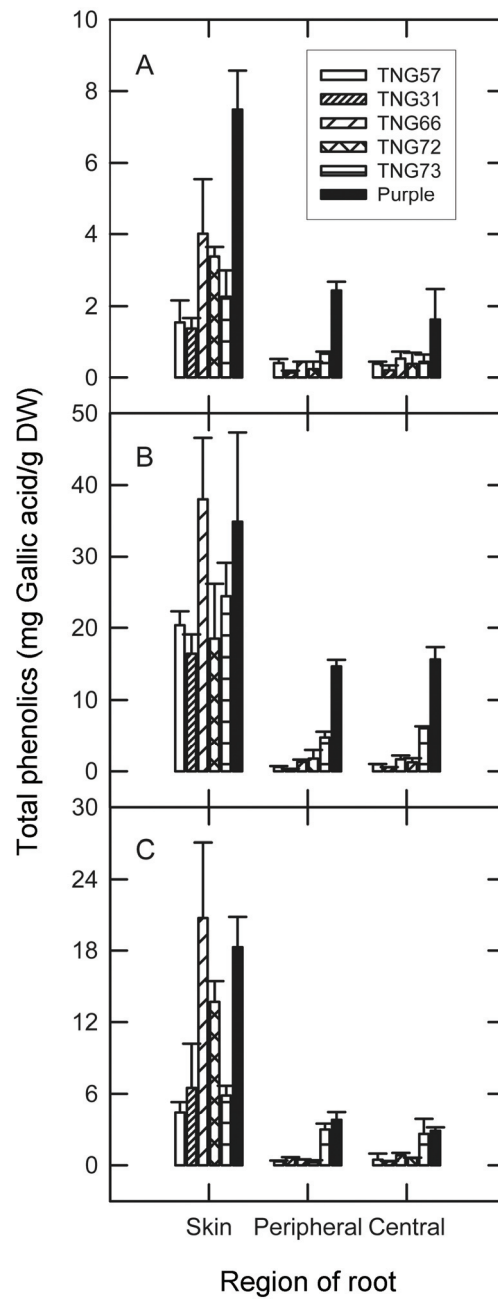


圖 5. 不同甘藷品種諸皮、皮下諸肉及中心諸肉等部位的 (A) 新鮮；(B) 冷凍乾燥乾處理；(C) 烘乾處理後之多酚含量變化情形。

Fig. 5. Changes in total phenolics content of (A) fresh flesh, (B) freeze-drying flesh and (C) 70°C drying flesh. The storage root of sweet potato was divided into three region: skin, peripheral flesh, and central flesh.

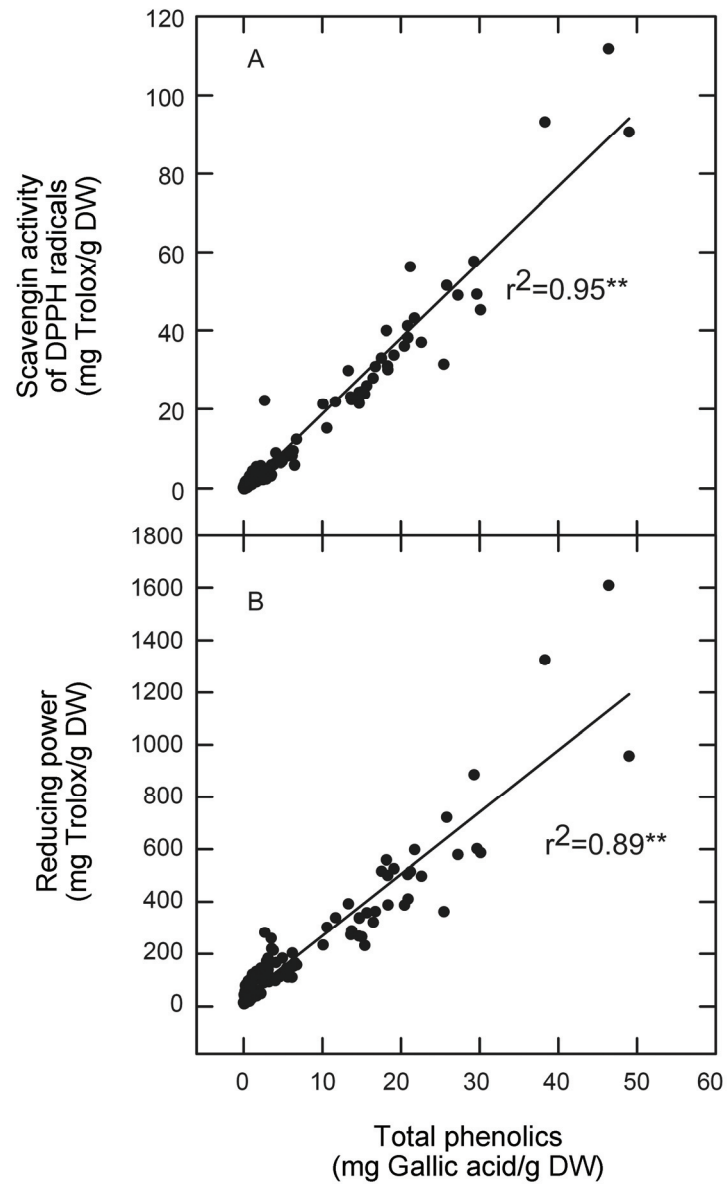


圖 6. 不同甘藷品種多酚含量與 (A) 清除 DPPH ; (B) 還原能力之關係圖。

Fig. 6. Correlation between total phenolics content and (A) scavenging activity of DPPH radicals, (B) reducing power of sweet potato.

是冷凍乾燥或烘乾，其抗氧化能力均比新鮮材料高，顯然乾燥處理可能會對細胞進行某種程度之破壞，抗氧化物質如酚類化合物更容易溢出細胞外，所以總酚含量會因乾燥處理而增加 (圖 5B、5C)，抗氧化能力因而提高 (圖 3、4)，但乾燥之方法仍需探討，因為乾燥方法不當，會破壞溢出細胞之酚類化合物，而導致抗氧化能力之降低。

總之，花青素及多酚化合物可提供甘藷之高抗氧化能力，花青素更可豐富甘藷色彩，增進甘藷多樣性利用。甘藷加工時必須以適當乾燥方法，以提高甘藷之抗氧化能力。台農 73 號甘藷之育成，為紫肉甘藷育種之開始，未來更須朝向高產、高花青素含量與高穩定性之品種開發，提高甘藷多元發展的利用價值。

引用文獻 (Literature cited)

- Ames, B. M., M. K. Shigena, and T. M. Hagen. 1993. Oxidants, antioxidant, and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 90:7915-7922.
- Bridle, P. and C. F. Timberlake. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. *Food Chem.* 58:103-109.
- Chiu, H. L. and M. J. Fan. 1998. Anthocyanins and flower color expression. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 44(2):102-115. (in Chinese with English abstract)
- Goda, Y., T. Shimizu, Y. Kato, M. Nakamura, T. Maitani, T. Yamada, N. Terahara, and M. Yamaguchi. 1997. Two acylated anthocyanins from purple sweet potato. *Phytochemistry* 44(1):183-186.
- Huang, Y. C., Y. H. Chang, and Y. Y. Shao. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. *Food Chem.* 98:529-538.
- Huang, D. J., C. D. Lin, H. J. Chen, and Y. H. Lin. 2004. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam 'Tainung 57'] constituents. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45:179-186.
- Kuo, S. L. 2004. Antioxidative activity of peels, leaves and vines from various sweet potato varieties. Shih Chien Univ. Master Thesis. 128 pp. (in Chinese with English abstract)
- Lai, Y. C., C. T. Li, W. H. Tsai, and T. L. Jeng. 2007. New sweet potato cultivar TNG 73 "Purple Jade". *Tech. Service* 70:7-9. (in Chinese with English abstract)
- Lu, G. Q. and X. L. Li. 2001. Stability of red pigments from purple sweet potato [*Ipomea batata* (L.) Lam] and other five natural red pigment. *J. Zhejiang Univ.* 27(6):635-638. (in Chinese with English abstract)
- Oki, T., M. Masuda, S. Furuta, Y. Nishiba, N. Terahara, and I. Suda. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. *J. Food Sci.* 67:1752-1756.

- Peng, D. C. 2003. Fertilization management of purple sweet potato in Hualien. Hualien Agric. Inform. 46:16-19. (in Chinese with English abstract)
- Reddy, V. S., S. Dash, and A. R. Reddy. 1995. Anthocyanin pathway in rice (*Oryza Sativa* L.): identification of a mutant showing dominant inhibition of anthocyanins in leaf and accumulation of proanthocyanidins in pericarp. Theor. Appl. Genet. 91:301-312.
- Saigusa, N., N. Terahara, and R. Ohba. 2005. Evaluation of DPPH-Radical-Scavenging activity and antimutagenicity and analysis of anthocyanins in an alcoholic fermented beverage produced from cooked or raw purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea Batatas* cv. *Ayamurasaki*) roots. Food Sci. Technol. Res. 11(4):390-394.
- Sato, M., N. Ramarathnam, Y. Suzuki, T. Ohkubo, M. Takeuchi, and H. Ochi. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. J. Agric. Food Chem. 44:37-41.
- Shimada, Y., R. Nakano-Shimada, M. Ohbayashi, Y. Okinaka, S. Kiyokawa, and Y. Kikichi. 1999. Expression of chimeric P450 genes encoding flavonoid-3', 5'-hydroxylase in transgenic tobacco and petunia plants. FEBS Letters 461:241-245.
- Teow, C. C., V. D. Truong, R. F. McFeeters, R. L. Thompson, K. V. Pecota, and G. C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. Food Chem. 103:829-838.
- Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawadishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. Biochem. Pharmacol. 52:1033-1039.
- Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45:304-309.
- Wang, G. L., J. Yue, D. X. Su, and H. J. Fang. 2006. Study on the antioxidant activity of sweet potato anthocyanin and its inhibiting effect on growth of cancer. Acta Nutri. Sin. 28(1):71-74. (in Chinese with English abstract)
- Xie, Y. Z., Q. H. Yin, and R. L. Qiu. 2004. Study and utilization of sweet potato with high anthocyanins. Rain Fed Crops 24(1):23-25. (in Chinese with English abstract)
- Yin, Q. H., Y. Z. Liu, Y. Z. Xie, and M. Chen. 2004. The stability of anthocyanin from purple sweet potato. Jiangsu J. Agric. Sci. 20(2):111-115. (in Chinese with English abstract)
- Yoshinaga, M. 1998. Physiological function of purple colored flesh sweet potato. Food Process. 33(8): 15-17.

- Yoshimoto, M., S. Okuno, and M. Yoshinaga. 1999. Antimutagenicity of sweet potato (*Ipomea batata*) roots. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 63:537-541.
- Yoshinaga, M., M. Tanaka, and M. Nakatani. 2000. Changes in anthocyanins content and composition of developing storage root of purple-fleshed sweet potato. *Breed. Sci.* 50:59-64.
- Yue, J., H. J. Fang, and H. G. Huang. 2003. Research advance of purple sweet potato color. *Liaoning Agric. Sci.* 5:22-25. (in Chinese with English abstract)

Studies on Anthocyanidin and Total Phenolic Contents of Sweet Potato¹

Toong-Long Jeng², Yi-Ju Shih², Tong-Hai Tseng², Yung-Chang Lai³,
and Min-Tze Wu^{2, 4}

Abstract

Jeng, T. L., Y. J. Shih, T. H. Tseng, Y. C. Lai, and M. T. Wu. 2008. Studies on anthocyanidin and total phenolic contents of sweet potato. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:33-48.

Anthocyanidin composition and antioxidant activity of sweet potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam) storage roots with plentiful colors were studied. The results showed that cyanidin and peonidin were synthesized in purple-red skin and storage root, and more anthocyanidins were found in darker color ones. The skin and storage root of Tainung 73 cultivar contained less anthocyanidin than that of Purple sweet potato. 70°C drying had less anthocyanidin content of skin and storage root than freeze drying, but freeze-drying and 70°C drying increased antioxidant activity 10 times and 3-5 times respectively as compared with fresh materials. Antioxidant activity was positively correlated to total phenolic content, but not to anthocyanidin content. However, increased anthocyanidin content was good for enhancing antioxidant activity of sweet potato. The results could be applied as a reference for the utilization of Tainung 73 cultivar and future breeding of sweet potato.

Key words: Sweet potato, Anthocyanins, Total phenolic, Anti-oxidative activity.

-
1. Contribution No.2910 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: March 12, 2008.
 2. Associate Researcher, Project Assistant, Associate Researcher, Senior Researcher and Head, Biotechnology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Associate Researcher and Head of department of Agricultural, Chiayi Agricultural Experiment Branch, ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: wu@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.