

不同烹調方法對台灣鄉土蔬菜——紅甘藷葉中 多酚類含量及生體可利用率之影響

林雅玲¹ 陳巧明^{1,2,3} 胡雪萍¹ 張文心¹ 劉珍芳^{1*}

Effects of Different Cooking Methods on Dietary Polyphenol Contents and the Bioavailability of *Ipomoea batatas* Linn Leaves

Ya-Ling Lin¹, Chao-Ming Chen^{1,2,3}, Shene-Ping Hu¹, Wen-Hsin Chang¹, Jen-Fang Liu¹

¹School of Nutrition & Health Sciences, Taipei Medical University

²Graduate Institute of Pharmacy, Taipei Medical University

³Department of Dietetics, Taipei Medical University Hospital, Taipei, Taiwan

(Received: November 3, 2006. Accepted: March 22, 2007)

ABSTRACT The aim of this study was to evaluate the dietary polyphenol contents, absorption, and bioavailability in humans after the consumption of leaves of *Ipomoea batatas*, also called red sweet potato leaves, cooked using two different methods. Leaves of *Ipomoea batatas* were subjected to typical domestic processing, including stir-fry and boiling. The impacts of these processes on the polyphenol contents were assessed. Sixteen healthy adults were enrolled in this study and were asked to ingest 200 g of boiled or fried leaves of *Ipomoea batatas*. Blood samples were taken for polyphenol analysis before, and 1, 2, 4, 8, 12, and 24 h after ingestion. Urine and feces samples were collected at 24-hour and 72-hour time points to evaluate the bioavailability of polyphenol. The results indicated that the stir-fry and boiling methods led to 17.02% and 22.74% losses of polyphenols, respectively. Plasma levels of polyphenols increased at 1~2 and 8~24 h after the ingestion of boiled leaves of *Ipomoea batatas*, and increased 4 h after ingestion of stir-fried leaves. Urinary polyphenol contents of subjects did not significantly change after ingestion of either test meal. However, the apparent absorption of polyphenols of leaves of *Ipomoea batatas* with the stir-fry method was 35.98% higher than the 31.03% with the boiling method. In conclusion, the stir-fry method resulted in a lower loss of polyphenols and a higher bioavailability of polyphenols from leaves of *Ipomoea batatas* compared to the boiling method.

Key words: *Ipomoea batatas* leaves, cooking method, polyphenol, bioavailability.

前 言

利用自然飲食達到促進健康之目的，一直是國人追求之目標，近年來有許多流行病學研究顯示，

增加蔬菜水果攝取可以降低癌症、動脈粥狀硬化及心血管疾病的發生^(1,2)，其中可能的作用物質包括維生素、礦物質、纖維素與植物性化學物質（phytochemicals）等。一些體外實驗及動物模式之研究

*To whom correspondence should be addressed.

指出，蔬菜水果中的植物性化學物質，有降低罹患慢性疾病之生物效益。在這些植物性化學物質中，多酚類扮演了相當重要的角色。多酚類廣泛存在於植物界，與植物的色、味有關，並可保護植物免於蟲害與壓力，近來有越來越多的研究指出多酚類對於人體健康具有正面效益。

多酚類依據其化學結構的不同，可分為類黃酮（flavonoids）、酚酸（phenolic acids）、二苯乙烯（stilbenes）、木酚素（lignans）等四大類⁽³⁾；飲食中以前二類含量最多；尤其是類黃酮。類黃酮中又依鍵結方式的不同又可分為黃酮類（flavones）、黃酮醇（flavonols）、黃烷酮（flavanones）、黃烷醇（flavanols）、花青素（anthocyanidins）及異黃酮（isoflavones）⁽⁴⁾等六大類。多數的類黃酮以和醣類鍵結的型式存在於食物中，稱為醣苷（glycosides），少部分以自由型式（free form）存在的類黃酮，則稱為非醣苷（aglycones）。洋蔥、黃豆、深綠色蔬菜、柑橘類與漿果類水果、咖啡、綠茶、紅酒等，均為富含多酚類之食物。

台灣地處亞熱帶，蔬菜種類繁多，其中不乏富含多酚類之品種；如圓紅鳳菜、紅甘藷葉、紅青稍、紅莧菜、赤縮緬紫蘇、芳香紫蘇、蕺菜等鄉土蔬菜；其中以紅甘藷葉含 33.4 mg GAE（gallic acid equivalent）/g 之多酚類較為豐富，其次為綠甘藷葉（含 24.9 mg GAE/g）及蕺菜（含 23.0 mg GAE/g）⁽⁵⁾。而紅甘藷葉所含的多酚類，又以黃酮醇中的槲皮酮（quercetin）含量較為豐富⁽⁶⁾。然而關於上述這些鄉土蔬菜中之多酚類的生理效應之研究，大部分為體外試驗或動物實驗；於人體中的生體可利用率，並無任何文獻可供參考；且國人飲食習慣中，大多將蔬菜油炒（stir-fry）或燙熟（boiling）後食用，不同的烹調方式是否會影響蔬菜中多酚類之生體可利用率及吸收代謝情形，亦是值得探討的議題。

因此本研究將以台灣鄉土蔬菜中，多酚類含量較豐富的紅甘藷葉作為研究材料，藉由國人最常用以烹調蔬菜之方式-水煮與中式油炒，來探討不同烹調方式對紅甘藷葉中多酚類含量及對生體可利用率之影響。

研究設計與方法

一、研究對象

本研究經臺北醫學大學人體試驗委員會審查通過，在臺北醫學大學、宿舍及附設醫院張貼海報說明研究之目的及方法，招收年齡介於 20~30 歲，無抽菸、喝酒習慣，無服用營養補充劑及藥物，且經醫師診斷無胃腸疾病史之健康成人作為受試者，篩選後共計 16 位。經告知實驗目的與詳細流程，簽署同意書後進入本實驗。

二、研究材料

紅甘藷葉由桃園農業改良場台北分場種植，採收後以冷藏宅急便的方式送至實驗室，剪去多餘莖及梗後，進行清洗，冷藏備用。一份水煮紅甘藷葉的烹調方式為，在不銹鋼鍋置入 2 L 水，水滾後加入去梗洗淨之紅甘藷葉 200 公克，以大火使水再次沸騰（約 1~2 分鐘）即可熄火，將紅甘藷葉撈起，濾去水分，為增加口感，加入醬油膏 2 公克及嫩薑 2 公克拌勻，即可供受試者食用。一份油炒紅甘藷葉的烹調方式為，將不銹鋼鍋加熱，置入沙拉油 5 公克，待油熱至開始有油煙出現（220°C）後，將嫩薑 2 公克爆香，加入去梗洗淨之紅甘藷葉 200 公克拌炒（2 分鐘），待紅甘藷葉快熟時加入醬油膏 10 公克拌炒均勻，即可供受試者食用。

三、研究設計

受試者在進入實驗期前，均詳細告知飲食限制與注意事項，且在實驗進行前先給予受試者低多酚類食物建議表，進入實驗期後，均需維持低多酚類飲食。經一星期的低多酚類飲食控制期後，給予受試者可密封的容器請受試者收集 24 小時尿液與 72 小時糞便以作為基礎值。

（一）24 小時尿液收集方式：請受試者以起床時間作為起點後推 24 小時，這 24 小時期間均需將每次檢體完整收集並交至實驗室保存於 4°C 冰箱中，待尿液檢體收集完整並均勻混和後，記錄總體積並分裝至 15 mL 離心管中，儲存於 -20°C 冰箱中以待進一步分析。

（二）72 小時糞便收集方式：同 24 小時尿液收集方式。待 72 小時糞便收集完整後，記錄糞便檢體總重量並分裝至封口袋中，以冷凍乾燥方式乾燥，儲存於 -20°C 冰箱中以待進一步分析。

收集完尿液及糞便檢體隔天，請受試者於早上

8 點空腹至實驗室，先進行身高、體重及體脂肪量之測量 (InBody 3.0; Biospace, Seoul, Korea)，之後由護理專業人員抽取空腹血 (0 小時)，並於此時將抽血用的留置針 (Terumo, 22G × 1") 固定於受試者手上；之後，請受試者食用以上述之任一種方式烹調 (水煮或油炒) 之 200 公克的紅甘藷葉，並收集食用紅甘藷葉後第 1、2、4、8、12、24 小時之血液 (約 5 mL)、24 小時尿液及 72 小時之糞便以供分析。24 小時尿液及 72 小時之糞便收集方式同上所述。

經一個星期之排空期，進行與上述一樣的流程與步驟，並食用以另一種方式烹調之紅甘藷葉。

四、分析項目

(一) 紅甘藷葉與糞便中多酚類含量之測定

將烹調前與烹調後之紅甘藷葉秤重分裝，經冷凍乾燥後再次秤重，以計算水分含量，之後以磨粉機將乾燥蔬菜研磨成粉末狀；所收集之糞便樣本亦以冷凍乾燥方式處理後均勻混和並研磨成粉狀。取 0.1 公克經冷凍乾燥並磨成粉末的紅甘藷葉或糞便於離心管中，加入 5 mL methanol，用震盪混合器混合均勻，再利用旋轉混合器給予連續萃取 30 分鐘後，離心 5 分鐘 (1,000 × g, 4°C)，取其上清液，重複步驟三次。之後加入 5 mL methanol，不需再使用旋轉混合器，直接震盪均勻 5 分鐘 (3,000 rpm, 4°C)，取其上清液，重複至上清液無顏色為止，匯集所有上清液，即得紅甘藷葉之萃取液。總多酚類含量之測定則取 100 μL 的萃取液中加入 2.0 mL 之 2% Na₂CO₃，混合均勻後靜置 2 分鐘。加入 100 μL 的 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Merck Co., 109001)，混合均勻後於室溫下靜置 30 分鐘。利用分光光譜儀，於波長 750 nm 進行比色分析。並以去離子水取代萃取液，以作為對照⁽⁷⁻⁸⁾。所測得的濃度再乘上 72 小時糞便總重量，即得糞便中多酚類之總量。

(二) 血漿與尿液中多酚類含量之測定

將各採血點收集之血液以 1,000 × g、4°C 離心 10 分鐘，取上層血漿進行測定。另將受試者定量後之 24 小時尿液，取 500 μL 進行測定。取 500 μL 的血漿或尿液於離心管中，加入 1.0 mL 的 1.0 mol/L HCl，震盪 60 秒，水浴 37°C、30 分鐘。加入 1.0 mL

的 2.0 mol/L NaOH in 75% methanol，震盪 3 分鐘，37°C、30 分鐘。加入 1.0 mL 的 0.75 mol/L MPA (metaphosphoric acid) 後，離心 1,000 × g、10 分鐘，取出上清液冰浴、避光。下層再加入 1.0 mL 的 1:1 (v/v) acetone: water，離心 1,500 × g、10 分鐘，取出上清液。將兩上清液混合後避光，並進行過濾，即得血漿或尿液之萃取液，再以上述方法測其總多酚類之含量⁽⁸⁾。

五、統計分析

所有數值均以 mean ± SD 表示。利用 SAS 軟體以 Student's *t* test 及 One-way ANOVA 進行攝取前後之差異，*p* < 0.05 表示具有顯著差異。

結果與討論

一、受試者基本資料

本研究受試者共 16 位，7 位男性，9 位女性，男性平均年齡為 22 ± 3.2 歲，女性平均年齡為 20 ± 1.7 歲，BMI 及體脂肪均介於理想範圍之間 (表一)。

表一 受試者之基本資料¹

Table 1. The characteristics of subjects¹

參數	男性	女性
人數	7	9
身高 (cm)	175.4 ± 5.7	161.9 ± 7.2
體重 (kg)	64.8 ± 9.6	53.8 ± 6.4
BMI (kg/m ²)	21.0 ± 2.6	20.6 ± 2.3
體脂肪 (%)	16.4 ± 4.5	26.8 ± 4.9

¹ Values are the Mean ± SD (n = 16)

二、烹調對紅甘藷葉中多酚類含量之影響

在紅甘藷葉多酚類含量方面，水煮與油炒前每公克乾重分別為 30.70 ± 3.07 和 32.85 ± 11.52 mg GAE，水煮及油炒後，每公克乾重之多酚類含量分別為 23.97 ± 0.29 與 23.39 ± 8.14 mg GAE。根據水分含量換算出紅甘藷葉水煮與油炒後多酚類含量每公克濕重為 3.37 ± 0.01 mg GAE 及 3.87 ± 2.13 mg GAE，與烹調前之濕重相比，水煮後多酚類含量流失 22.74%，油炒後多酚類含量流失 17.02%，當以

paired t-test 比較烹調前與烹調後之數據顯示，不論是水煮或是油炒紅甘薯葉之多酚類含量變化均未達顯著差異（表二）。由上述結果換算，本研究提供 200 公克公克水煮或油炒之紅甘薯葉，受試者所攝入之多酚類含量分別為 674 mg GAE 及 774 mg GAE。

研究指出，植物的種類、季節、生長環境、光照程度、成熟度、製備或儲存過程等均會影響植物體內多酚類之含量⁽⁹⁾。由本研究結果可知，紅甘薯葉烹調前其多酚類含量平均每公克乾重為 31.78 ± 7.31 mg GAE，此與 2000 年湯氏之研究結果相似⁽⁵⁾。一項以富含槲皮酮單糖苷（quercetin 4'-monoglucoside）的洋蔥作為實驗材料的研究中，分別以水煮或油炒 5、20、40 分鐘，以及微波 30、60、180 秒烹調洋蔥，並測其槲皮酮含量。結果發現，洋蔥中槲皮酮流失率以水煮方式烹調流失 30% 為最多，其次是油炒、微波，且槲皮酮的含量亦會隨著烹調時間增加而減少⁽¹⁰⁾。另一以馬鈴薯為實驗材料之研究亦指出，以油炒方式烹調馬鈴薯，其多酚類有較低的流失率⁽¹¹⁾。此與本研究中，紅甘薯葉以油炒方式烹調，有較低之多酚類流失率相似，推測以水煮方式烹調紅甘薯葉，其多酚類會流失較多於烹調的水中，因而降低水煮後紅甘薯葉中多酚類

之含量。此外，亦有研究指出，若水中含有氯離子或微量礦物質如 NaOCl 或 FeCl₃，亦會造成結構較不穩定的槲皮酮單糖苷快速流失於水中⁽¹²⁾，但本研究並未分析水煮紅甘薯葉的烹調用水所含的微量元素，因此無法得知水中氯離子或微量礦物質於以水煮方式烹調時，對紅甘薯葉中多酚類含量是否會有影響。

雖然槲皮酮雙糖苷（quercetin 3,4'-diglucoside）在結構上較單糖苷穩定⁽¹²⁾，但有研究指出在洋蔥切碎後，槲皮酮雙糖苷會經水解作用降解為單糖苷⁽¹³⁾，不過在烹調過程中，槲皮酮雙糖苷與單糖苷的比例似乎不會改變，亦沒有雙糖苷轉換為單糖苷或槲皮酮單體之現象⁽¹⁴⁾。然而，一些較為極性之分子卻會在水煮過後產生於烹調的水中⁽¹³⁾；由於多酚類種類繁多，大部分之結構與性質尚未明瞭，此是否為多酚類經烹調後降解產生之分子，還須經更多研究證明。

三、受試者攝食紅甘薯葉後血中多酚類含量之變化

實驗過程中，因有 2 位受試者數值偏差太大，因此未將此 2 位受試者數值納入此項結果中。由表三可知受試者攝取 200 公克水煮或油炒之紅甘薯葉

表二 紅甘薯葉中多酚類含量之分析^{1,2}

Table 2. The analysis of polyphenol content of red sweet potato leaves^{1,2}

	水分含量 (%)		多酚類含量 (mg GAE/g dry weight) ²		多酚類含量 (mg GAE/g wet weight)		烹調後流失率 (%)
	烹調前	烹調後	烹調前	烹調後	烹調前	烹調後	
水煮	85.81	85.96 ± 0.21	30.70 ± 3.07	23.97 ± 0.29	4.36 ± 0.44	3.37 ± 0.01	22.74
油炒	85.81	83.46 ± 3.33	32.85 ± 11.52	23.39 ± 8.14	4.66 ± 1.63	3.87 ± 2.13	17.02

¹ Values are the Mean ± SD (n = 4)

² The difference between boiling vs stir-fry groups and before cooking vs after cooking was analyzed by Student's *t* test, respectively.

³ GAE: gallic acid equivalent.

表三 攝食不同烹調方式之紅甘薯葉後，受試者血漿中多酚類濃度變化情形^{1,2}

Table 3. The change of plasma polyphenol level after ingesting red sweet potato leaves cooked by different methods^{1,2}

	0 小時	1 小時	2 小時	4 小時	8 小時	12 小時	24 小時
水煮 (mg GAE/dL)	47.05 ± 4.3	45.61 ± 7.28	47.80 ± 3.59*	47.14 ± 2.82*	46.89 ± 3.86	47.45 ± 3.11	49.71 ± 2.72
油炒 (mg GAE/dL)	49.36 ± 4.25	49.09 ± 3.28	48.06 ± 3.17	46.55 ± 4.42	47.68 ± 3.83	48.08 ± 3.94	50.12 ± 3.67

¹ Values are the Mean ± SD (n = 14)

² The difference between boiling and stir-fry groups was analyzed by Student's *t* test (**p* < 0.05).

後，血漿中多酚類濃度平均變化情形。不論是攝食水煮或油炒之紅甘藷葉，受試者血漿中多酚類濃度均出現先下降再上升的趨勢。比較兩種不同烹調方式在受試者體內吸收變化趨勢可發現，攝食完水煮紅甘藷葉後，血漿中多酚類濃度在 1~2 小時及 8~24 小時間出現上升的情形。而攝食完油炒紅甘藷葉後，血漿中多酚類濃度在 4 小時後出現持續上升的趨勢；但每位受試者於不同時間點，血漿中多酚類濃度均有極大的個體差異存在，因此各時間點間並無顯著差異。近一步比較同一受試者在攝食水煮與油炒紅甘藷葉後，血漿中多酚類的變化量發現，與 0 小時相比，攝食油炒紅甘藷葉 2 小時與 4 小時後，血漿中多酚類濃度呈現下降情形；但攝食水煮紅甘藷葉後的 2 小時與 4 小時時，血漿中多酚類卻呈現略微上升狀況，此兩點處兩組間具顯著差異。但在攝食紅甘藷葉 24 小時後，不論是以水煮或油炒的烹調方式，受試者血漿中多酚類濃度均達到所有時間點的最大值。

由於研究指出多酚類如槲皮酮經攝取進入腸胃道後，帶有醣苷鍵結的槲皮酮，會經 sodium-dependent glucose transporter (SGLT-1) 轉運進入小腸吸收，之後由 cytosolic β -glucosidase 水解；或經由 multidrug resistance-associated protein-2 (MRP-2) 轉運至淋巴系統中。另外，槲皮酮醣苷也可經由 lactase phloridzin hydrolase (LPH) 水解為非醣苷的型式後，再以簡單擴散的方式被小腸吸收。腸黏膜中，非醣苷鍵結的槲皮酮，經由 UDP-glucuronosyl-transferase 或 phenol sulfotransferase 以鍵結的代謝產物型式運輸至循環系統，或是排出至淋巴系統⁽¹⁵⁾。人體攝入之多酚類經由小腸吸收後，由肝臟代謝，肝臟中的酵素如 *O*-methyl transferase、UDP-glucuronosyltransferases、sulfotransferases 會以鍵結的形式將多酚類甲基化、葡萄糖醛化或硫化以增加多酚類的親水性，一部分代謝後之多酚類運至腎臟，由尿液排出，另一部分則經膽汁再排至小腸，經過再吸收作用進入循環系統；而未被小腸吸收之多酚類，藉由大腸微生物酵素，如 β -glucuronidase 作用後，由糞便排出。

研究指出，大部分之多酚類達到血中最大濃度的時間約在 1~2 小時間⁽¹⁶⁾，然而本研究中，受試者在攝食完水煮或油炒之紅甘藷葉後，血中多酚類在 8~24 小時及 4 小時後有上升的情形，且血漿中多酚類達最大濃度時間有延遲的現象，因此推測本

研究中，血漿中多酚類濃度出現緩慢上升之情形，可能是因為攝食完紅甘藷葉後，除了立即被小腸吸收之多酚類，造成血漿中多酚類濃度上升之外，經肝臟代謝並與膽汁排至小腸之多酚類，或是經腸道微生物作用分解為小分子之多酚類，亦會經由再吸收作用而使血漿中多酚類之代謝衍生物濃度上升，而增加生體可利用率⁽¹⁷⁻¹⁹⁾。另外，受試者體內酵素對於多酚類的感受性不同，或許是造成個體差異極大的原因之一。除此之外，多酚類之種類與結構亦會影響生體可利用率。

近來研究發現，槲皮酮所鍵結的醣類是影響槲皮酮於小腸中吸收的主要因素⁽¹⁹⁾，除了因槲皮酮葡萄糖苷 (quercetin 3-O- β -glucoside) 到達血中最高濃度時間遠快於芸香苷 (rutin) (<1 小時與 6~9 小時) 外⁽²⁰⁻²²⁾，亦有研究與大鼠等量之槲皮酮、槲皮酮葡萄糖苷、quercetin 3-O- β -rhamnoside 及芸香苷時發現，在大鼠血中並無法偵測到 quercetin 3-O- β -rhamnoside，且攝食 24 小時後，槲皮酮葡萄糖苷型式之多酚類比槲皮酮更能於血中維持濃度⁽²³⁾，顯示槲皮酮葡萄糖苷之生體可利用率大於非醣苷鍵結形式。此外，給予受試者食用含有槲皮酮之洋蔥及蘋果時發現，血液中的半衰期，以洋蔥所含之槲皮酮的 28 小時最長，蔬果 23 小時次之，若持續攝食含多酚類的食物，可使血中多酚類的濃度上升⁽²⁴⁾。顯示多酚類的種類、來源以及化學結構的不同，均是影響其生體可利用率的因素。

因此推測造成本研究結果之原因可能為，所給予受試者食用的紅甘藷葉中，多酚類的種類極為多元，除了 2003 年黃氏⁽⁶⁾ 研究指出，紅甘藷葉中之多酚類主要為 flavonoids 及 anthocyanidins 外，或許尚有其他鍵結之不同醣類型式或未知之多酚類種類，因此無法得知其多酚類於血中的半衰期為何。另外是否是烹調方式造成紅甘藷葉中各種多酚類結構上的置換或轉變，而導致受試者在多酚類代謝上之差異，更需進一步的研究來證實。此亦顯示，若連續每日攝食富含多酚類之飲食，將有可能造成血中多酚類之堆積。由於相關的人體研究資料極為匱乏，建議可增加追蹤時間，或利用更為靈敏的分析方法，以了解紅甘藷葉中多酚類於人體內代謝情形。

四、受試者攝食紅甘藷葉後尿液與糞便中多酚類含量之變化

此項實驗中，因有 2 位受試者未完成完整的檢體收集，因此不納入統計中。受試者在攝食 200 公克水煮或油炒之紅甘藷葉後，尿液中多酚類濃度以攝食油炒紅甘藷葉較高（表四）。以尿液中所測得的濃度乘以 24 小時尿液量，即得尿液中多酚類之總量。結果顯示，受試者尿液中多酚類總量以未攝食紅甘藷葉前最低（ 85.6 ± 41.8 mg GAE），而攝食水煮或油炒之紅甘藷葉後，受試者尿液中多酚類之總量分別為 120.2 ± 36.9 mg GAE 及 120.7 ± 41.1 mg GAE，均顯著高於未攝食前（ $p < 0.05$ ），但水煮與油炒兩組間並無顯著差異。

表四 受試者尿液中多酚類之含量^{1,2}
Table 4. Urinary polyphenol content of subjects^{1,2}

	多酚類濃度 (mg GAE/mL)	多酚類總量 (mg GAE)
未攝食前	0.090 ± 0.02^a	85.6 ± 41.8^a
水煮	0.095 ± 0.03^a	120.2 ± 36.9^b
油炒	0.123 ± 0.03^b	120.7 ± 41.1^b

¹ Values are the Mean \pm SD (n = 14)

² The letters in superscripts (a,b) indicates a significant difference analyzed by one-way ANOVA ($p < 0.05$).

表五表示受試者攝食水煮或油炒紅甘藷葉後，糞便中水分含量、多酚類排出量、外表吸收率及保留率之情形。由結果可知，攝食油炒之紅甘藷葉後，受試者糞便中多酚類排出量較水煮高，但對照所攝入之多酚類含量（200 公克水煮或油炒之紅甘藷葉，其多酚類分別為 674 mg GAE 及 774 mg

GAE），發現攝食油炒之紅甘藷葉之後其外表吸收率（apparent absorption）及保留率（retention rate）分別為 35.98% 及 20.39%，高於水煮的 31.03% 及 13.19%。

研究顯示，飲食中的多酚類經人體攝食，由小腸吸收、肝臟代謝後，大部分代謝後之多酚類代謝產物會以不同的型式運至腎臟，由尿液排出；而少部份未被小腸吸收之多酚類，藉由大腸微生物作用後，由糞便排出⁽²⁵⁾。因此，除了探討血漿中多酚類濃度變化外，許多研究亦會經由攝食多酚類後所收集之尿液與糞便，來探討多酚類之生體可利用率。

由本研究結果可知，受試者攝食油炒之紅甘藷葉，會攝入較多的多酚類；比較受試者尿液中多酚類濃度亦可發現，攝食不同烹調方式之紅甘藷葉後，以攝食油炒紅甘藷葉之尿液多酚類濃度高於水煮。然而當比較尿液中多酚類總排出量可知，攝食油炒後之尿液多酚類總排出量與攝食水煮後尿液多酚類總排出量相似。另外，實驗亦發現以油炒方式烹調紅甘藷葉時，其多酚類之外表吸收率較高且當計算其多酚類之保留率時亦發現以油炒之方式的較高，故顯示攝食油炒之紅甘藷葉，其多酚類之生體可利用率較水煮為高。

飲食中添加適當油脂，會增加糖苷及非糖苷鍵結的多酚類之吸收率，在動物模式研究中亦有相似結果⁽²⁶⁻²⁸⁾。以多酚類中的槲皮酮為例，當油脂與親脂性的槲皮酮（非糖苷）共同攝入後，會使槲皮酮快速擴散通過絨毛膜，進入腸上皮細胞，而親水性的槲皮酮葡萄糖苷在經小腸中 LPH 水解後，亦會產

表五 受試者糞便中多酚類之排出量、多酚類之外表吸收率及保留率¹⁻⁴

Table 5. The fecal polyphenol content of subjects, and apparent absorption, retention rate of polyphenol¹⁻⁴

	水分含量 (%)	多酚類排出量 (mg GAE)	外表吸收率 ³ (%)	保留率 ⁴ (%)
未攝食前	61.62	513.17 ± 585.71		
水煮	62.35	978.00 ± 520.30	31.03 ± 13.34	13.19
油炒	61.14	1008.68 ± 478.64	35.98 ± 15.17	20.39

¹ Values are the Mean \pm SD (n = 14).

² The difference between boiling and stir-fry groups was analyzed by one-way ANOVA.

³ 外表吸收率（apparent absorption）計算公式：

$$\text{外表吸收率} = \frac{\text{攝取量} - \text{糞便排泄量}}{\text{攝取量}} \times 100\%$$

⁴ 保留率（retention rate）計算公式：

$$\text{保留率} = \frac{\text{攝取量} - \text{尿液排泄量} - \text{糞便排泄量}}{\text{攝取量}} \times 100\%$$

生親脂性的非醣苷鞣皮酮，因而增加鞣皮酮醣苷與非醣苷之吸收。另外，飲食中之油脂進入腸道後，會刺激膽汁分泌；由先前的研究得知，在膽汁分泌的同時，亦會增加經肝臟代謝後之鞣皮酮葡萄糖醣苷和/或硫酸鹽類排出至小腸中，這些物質可以在小腸道末端或大腸中的微生物群作用後而再吸收，因此增加了解皮酮的吸收率，使鞣皮酮能於生體內維持較長的時間。然而國人多為複合式的飲食行為，在攝取富含多酚類蔬菜的同時，亦可能攝取到其他營養素，雖然有研究指出其他的飲食成分亦會影響多酚類的吸收^(19,29)，但這些成分對紅甘藷葉中多酚類生體可利用率之影響，尚待進一步的研究證實。

利用飲食及攝取自然新鮮的食物而達到預防疾病的目的，一直是營養科學所努力的目標。也因此不斷有研究探討食物中可被吸收的結構及萃取方式、在人體中吸收、代謝及排出情形，及這些可被吸收代謝物質，對人體有益之效用。由許多研究可知，多酚類之生體可利用率與其化學結構及種類有極大之關聯，而本研究中，以油炒方式烹調紅甘藷葉，可保留較多之多酚類含量；且攝食油炒之紅甘藷葉，多酚類之生體可利用率大於水煮方式。雖然多酚類廣泛存在於日常飲食之中，但因種類繁多與結構上的多樣性，還有許多成分之生體可利用率尚未明朗；未來還須進一步的研究以瞭解紅甘藷葉之多酚類對健康促進之效應。

誌 謝

感謝桃園農業改良場台北分場之張榮如博士熱心提供實驗材料——紅甘藷葉，同時感謝所有參與本研究之所有受試者及臺北醫學大學附設醫院莊淑芬護理長協助抽血，使本研究得以完成。本研究為臺北醫學大學種子計劃TMU91-Y05-A110之部分成果，承蒙補助，特此致謝。

參考文獻

- Block G, Patterson B, Subar A. Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutr Cancer*. 1992; 18:1-29.
- Willett W C. Balancing life-style and genomics research for disease prevention. *Science*. 2002; 296:695-8.
- Scalbert A, Williamson G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J Nutr*. 2000; 130:2073S-85S.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C, Jimenez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*. 2004; 79:727-47.
- 湯淑貞。台灣紅色鄉土蔬菜萃取物之抗氧化效力研究。私立中國文化大學生活應用科學研究所碩士論文，2000。
- 黃為瑜。紅色鄉土蔬菜中類黃酮抗氧化力及其對淋巴球DNA氧化損傷的保護作用。私立中國文化大學生活應用科學研究所碩士論文，2003。
- Taga MS, Miller EE, Pratt DE. Chia seeds as a source of natural antioxidants. *J Am Oil Chem Soc*. 1984; 61: 928-31.
- 陳珮菁。台灣鄉土蔬菜~蕺菜之安全性試驗及生理代謝。台北醫學大學保健營養學研究所碩士論文，2001。
- Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev*. 1998; 56:317-33.
- Ioku K, Aoyama Y, Tokuno A, Terao J, Nakatani N, Takei Y. Various cooking methods and the flavonoid content in onion. *J Nutr Sci Vitaminol*. 2001; 47:78-83.
- Tudela JA, Cantos E, Espin JC, Tomas-Barberan FA, Gil MI. Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. *J Agric Food Chem*. 2002; 50:5925-31.
- Hirota S, Shimoda T, Takahama U. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales. *J Agric Food Chem*. 1998; 46:3497-502.
- Makris DP, Rossiter JT. Domestic Processing of Onion Bulbs (*Allium cepa*) and Asparagus Spears (*Asparagus officinalis*): Effect on Flavonol Content and Antioxidant Status. *J Agric Food Chem*. 2001; 49:3216-22.
- Price KR, Bacon JR, Rhodes MJC. Effect of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa*). *J Agric Food Chem*. 1997; 45:938-942.
- Murota K, Terao J. Antioxidative flavonoids quercetin: implication of its intestinal absorption and metabolism. *Arch biochem biophys*. 2003; 417:12-17.
- Manach C, Williamson G, Morand C, Scalbert A, Remesy C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr*. 2005; 81:230S-42S.
- Arts IC, Sesink AL, Faassen-Peters M, Hollman PC. The type of sugar moiety is a major determinant of the small intestinal uptake and subsequent biliary excretion of dietary quercetin glycosides. *Br J Nutr*. 2004; 91:841-7.
- Williamson G, Manach C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. *Am J Clin Nutr*. 2005; 81:243S-55S.
- Cermak R, Landgraf S, Wolfram S. The bioavailability of quercetin in pigs depends on the glycoside moiety and on dietary factors. *J Nutr*. 2003; 133:2802-7.
- Ollman PCH, Van Trijp JMP, Buysman NCP, Van der Gaag MS, Mengelers MJB. Relative bioavailability of the antioxidant flavonoid quercetin from various foods in

- man. FEBS Lett. 1997; 418:152-6.
21. Graefe EU, Wittig J, Mueller S, Riethling AK, Uehleke B, Drewelow B, Pforte H, Jacobasch G, Derendorf H, Veit M. Pharmacokinetics and bioavailability of quercetin glycosides in humans. *J Clin Pharmacol.* 2004; 41:492-9.
 22. Hollman PCH, Bijlsman MNCP, Van Gameren Y, Cnossen EPJ, de Vries JHM, Katan MB. The sugar moiety is a major determinant of the absorption of dietary flavonoid glycosides in man. *Free Radic Res.* 1999; 31:569-73.
 23. Morand C, Manach C, Crespy V, Remesy C. Quercetin 3-O-beta-glucoside is better absorbed than other quercetin forms and is not present in rat plasma. *Free Radic Res.* 2000; 33:667-76.
 24. Moon JH, Nakata R, Oshima S, Inakuma T, Terao J. Accumulation of quercetin conjugates in blood plasma after the short term ingestion of onion by women. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol.* 2000; 279: R461-7.
 25. Scalbert A, Morand C, Manach C, Rémésy C. Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biochem Pharmacol.* 2002; 56:276-82.
 26. Pietta P, Simonetti P, Gardana C, Brusamolino A, Morazzoni P, Bombardelli E. Relationship between rate and extent of catechin absorption and plasma antioxidant status. *Biochem Mol Biol Int.* 1998; 46:895-903.
 27. Azuma K, Ippoushi K, Ito H, Horie H, Terao J. Enhancing effect of lipids and emulsifiers on the accumulation of quercetin metabolites in blood plasma after the short-term ingestion of onion by rats. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2003; 67:2548-55.
 28. Lesser S, Cermak R, Wolfram S. Bioavailability of quercetin in pigs is influenced by the dietary fat content. *J Nutr.* 2004; 134:1508-11.
 29. Rawel HM, Czajka D, Rohn Sm, Kroll J. Interactions of different phenolic acids and flavonoids with soy proteins. *Int J Biol Macromol.* 2002; 30:137-50.

不同烹調方法對台灣鄉土蔬菜——紅甘藷葉中 多酚類含量及生體可利用率之影響

林雅玲¹ 陳巧明^{1,2,3} 胡雪萍¹ 張文心¹ 劉珍芳^{1*}

¹臺北醫學大學保健營養學系

²臺北醫學大學藥學研究所

³臺北醫學大學附設醫院營養部

(收稿日期：95 年 11 月 3 日。接受日期：96 年 3 月 22 日)

摘要 本研究之目的擬藉由不同烹調的方式來探討對台灣鄉土蔬菜紅甘藷葉中多酚類含量及生體可利用率之影響。紅甘藷葉分別以水煮及中式油炒兩種方式烹調後，測其多酚類之含量。並選取 16 位健康成人作為受試者，分別給予 200 公克水煮或油炒之紅甘藷葉，於食用前、食用後 1、2、4、8、12、24 小時採集血液，並收集 24 小時尿液及 72 小時糞便，以探討紅甘藷葉中多酚類之生體可利用率；實驗進行期間，受試者均需避免攝取富含多酚類之飲食。結果顯示以水煮方式烹調之紅甘藷葉，其多酚類流失率為 22.74%，大於油炒流失率 17.02%。受試者攝食水煮之紅甘藷葉後，血漿中多酚類濃度於 1~2 小時及 8~24 小時出現上升的情形；而攝食完油炒紅甘藷葉後，血漿中多酚類濃度在 4 小時後出現持續上升的趨勢。在尿液中多酚類的排出總量上，兩組間並無顯著差異；但發現攝食完油炒的紅甘藷葉後，其多酚類的外表吸收率及保留率分別為 35.98% 及 20.39% 高於水煮的 31.03% 及 13.19%。綜合本研究結果，以油炒方式烹調紅甘藷葉之多酚類流失率較低，且生體可利用率較水煮高。

關鍵詞：紅甘藷葉，烹調方式，多酚類，生體可利用率

*通訊作者