

台灣山藥黏質多醣含量與其加工中的變化

The mucilage-glycan contents of Taiwanese yam cultivars and the changes in food processing

計畫編號：NSC 90-2313-B-002-356

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：呂廷璋 國立台灣大學食品科技研究所

計畫參與人員：廖耀銘 國立台灣大學食品科技研究所

鄭明得 國立台灣大學食品科技研究所

陳映君 私立輔仁大學食品營養系

一、摘要

九種台灣栽種之山藥品系，其可溶性膳食纖維(soluble dietary fiber, SDF)含量介於1.73~3.64%之間，以台農二號含量最高；非可溶性膳食纖維(insoluble dietary fiber, IDF)之含量範圍在2.83~7.40%，以基隆山藥最高。熱加工方式會造成台農二號之SDF含量產生變化，相較於凍結乾燥，鼓式乾燥及熱風乾燥將分別導致SDF下降51%及36%，SDF中之多醣分子量分佈未觀察到顯著的變化。針對台農2號品系黏質溶液進行硫酸銨分劃，主要沉澱發生於40~80%飽和度之間，而最低之蛋白質/醣類比值則出現在80~100%飽和度的區分。分析各品系SDF中所含醛醣酸(uronic acid)約在9.46~28.42%之間，以名間長紅品系含量最高。

Abstract

The variations of dietary fiber content were significant in nine yam cultivars grown in Taiwan. The range of soluble dietary fiber and insoluble dietary fiber (SDF and IDF) of tested yam cultivars was in 1.73~3.64% and 2.83~7.40%, respectively. Among the tested samples, the Tai-Nung 2 and Keelung cultivars had highest content of SDF and IDF, respectively. Drum- and hot-air drying caused the soluble fiber decreasing at 51 and 36% level comparing to freeze-dried sample as control. Mucilage from Tai-Nung 2 could be further fractionated by ammonia sulfate precipitation. The most abundant precipitate

occur at 40~80% saturation. The 80~100% saturation fraction was a carbohydrate-rich portion. The uronic acid content of SDF was in the range of 9.46%~28.42%. Ming-Jiang-Chang-Hung was the richest cultivar among the test sample.

二、計畫緣由與目的

山藥為薯蕷科(*Dioscoreaceae*)薯蕷屬(*Dioscorea*)多年生蔓性草本植物，為我國傳統中藥材及養生藥膳之重要材料之一，『神農本草經』更將其列為上品藥材，在綜論文獻中歸納歷代本草典籍，認為具有滋養、強壯及止瀉功效，因此一直被國人視為重要之保健食品材料(那等, 1976、1978; 林, 1985; Liu et al., 1997; 林等, 1998)。近年來有更多的科學試驗證實，山藥所含的固醇類皂素、植物固醇、生物鹼、黏質多醣與多酚類均具有生理活性，更肯定山藥做為保健食品材料的重要性。過去由於山藥栽種與採收不易的關係，一直是產量小，價位高的作物，在台灣農業試驗單位多年的品種改良與栽培技術的研究後，除了原來的栽種品種外，更培育出台農一號、二號及花蓮三號品種均具產量佳，品質高的特性，並利用膠管栽培克服長形山藥採收不易的困難，在加上組織分生培養技術的進步，山藥量產的技術與時機均已成熟。

具生產力的主要山藥品種有 *D. alata* L. (田薯)、*D. esculenta* (刺薯蕷)、*D. rotundata* 及 *D. cayenensis* 等，被視為重要的國際性根

莖作物之一(鄭, 1967; 王等, 1992; 劉等, 1996; 林等, 1998; Liu et al, 1997; Wang et al., 1993); 山藥分佈台灣的品種約 14 種及 5 變種(Liu and Huang, 1962), 劉在 1996 年曾估計台灣的種植面積 300 公頃, 並有逐年增加趨勢, (古, 1994; 劉等, 1992; 劉等 1996); 台灣平均產量每公頃產量介於 12-40 公噸之間, 較全球之平均年產量每公頃 9.4 公噸為高(古, 1994); 台灣常見的山藥栽培品種多源自於: (1) *D. alata* (田薯) 是本土山藥分佈最廣的品種, 並衍生出台農一、二號栽培種; (2) *D. batatas* (長薯, 又稱家山藥), 原產於大陸, 具耐寒特性, 主要分布於台灣北部; (3) *D. japonica* (山薯, 又稱日本山藥) 原產於日本, 大陸及東南亞亦均有栽種, 在台灣主要栽培於北部; (4) *D. alata* L. var. *purpurea* (紫田薯, 又稱條薯), 栽種於台灣中部; (5) *D. doryophora* (恆春山藥又稱戟葉田薯), 原產於台灣恆春半島及屏東一帶(古, 1994; 林等, 1998、1985; 劉等, 1992; 劉等, 1996; 劉, 1999; Tindall, 1983; Liu et al., 1989; Liu et al., 1997)。

山藥的塊莖 (rhizome) 及零餘子 (rhizophor) 均含有黏質, 兩者在組成與結構上相似, 兩者均為醣蛋白, 其蛋白質與多醣比例隨萃取來源而有很大的差異, 塊莖黏質蛋白質部分為 10~47.6%、多醣部分為 48~52.4% (蔡及戴, 1984; 王, 1995; Misaki et al., 1972); 而零餘子黏質蛋白質與多醣比例則為 64 及 26.2% (Tomoda et al., 1981)。山藥塊莖與零餘子黏質蛋白質部分胺基酸組成均以 aspartic acid 與 glutamic acid 含量較高。多醣部分兩者亦相似, 均為以 (1→4) 鍵結而成的甘露多醣 (β -D-mannopyranan), Misaki 等 (1972) 由山藥塊莖萃取黏質, 發現其多醣聚合度為 110, 每 10-11 個甘露糖基即在 C₃ 位置帶有一甘露糖分支, 且含有 14.2% 的乙醯基(acetyl groups); 而 Tomoda 等(1981)以零餘子萃取黏質, 則發現其多醣聚合度為 610, 每 4 個甘露糖基即在 C₃ 位置帶有一甘露糖分支, 但其乙醯基(acetyl groups)僅佔 2.7%。Hikino 等(1986)由山藥零餘子萃取多醣, 餵食正常與以 alloxan 誘發的高血糖小鼠 (hyperglycemic mice) 發現餵食後在 24 小時內, 其血糖值有顯著下降, 並有劑量依賴關係, 顯示可能可有效控制胰島素依賴型糖尿

病。

有關山藥黏質的研究, 多數集中在其粗黏質流變性質的探討。山藥黏質的流變特性和其它來源的懸浮膠體(hydrocolloids)一樣具有濃度依賴性, 且對於溶液 pH 值與溫度相當敏感, 與 trichloroacetic acid 與重金屬反應會產生沉澱。山藥黏質的濃度依賴性現象, 表現於其視黏度會隨著濃度的增加而上升, 以對數座標檢視黏度表現, 可發現與濃度具有線性關係(R=0.925)(Hironaka et al., 1996)。而在極稀濃度下, 隨著濃度降低, 在還原黏度的表現上反而有上升的現象(蔡及戴, 1984)。而以 NaCl 為溶媒, 則可使極稀濃度下濃度降低, 還原黏度上升的現象消失, 而求得固有黏度(intrinsic viscosity)(蔡及戴, 1984), 上述現象與高分子電解質流變性質相似。但 Takenaka 等(1995)則獲得相反的結果, 以 NaCl 溶媒, 其極稀濃度下濃度降低, 還原黏度上升的現象仍然存在, 而黏度隨濃度增加而上升的現象反而消失。

由黏度表現可知山藥黏質對 pH 值與溫度的變動非常敏感, 由不同山藥品系塊莖所萃取之黏質, 其最大黏度的 pH 值範圍略有差異, 範圍約在 pH6-9 之間, 在此範圍內較大, 離開此範圍後其黏度會大幅下降(謝等, 1976; 蔡及戴, 1984; 王, 1995)且隨 pH 值差距之增加, 其黏度下降之程度亦隨之增大, 王(1995)指出 pH 值低於 4.6 以下、蔡及戴(1984)指出 pH 值低於 3 以下, 會產生白色沉澱, 且隨 pH 值下降程度增加, 沉澱量亦有增加的趨勢, 可能與蛋白質部分變性有關。

山藥黏質的熱安定性極差, 加熱會造成黏度下降, 輕度加熱其黏度下降仍具有可逆性, 而其黏度回復現象隨加熱溫度的升高而減少。而隨著加熱溫度越高, 黏度的下降幅度也越大, 且當溫度高於 60°C 時, 其黏度下降為不可逆性, 加熱過程中亦有混濁現象發生, 且隨加熱時間延長與加熱溫度上升, 混濁度逐漸增加; 而處於最適 pH 值範圍內, 則可具有較佳的熱安定性(蔡及戴, 1984; 王, 1995)。

由於山藥黏質所含的甘露多醣在文獻中報導較少, 且結構與生理活性的關連性幾乎沒有探討, 為瞭解這類甘露多醣的活性, 有必要和研究較多萃取自蘆薈(*Aloe vera*)葉的 Acemannan 做比較, Acemannan 為具有寬分

子量分佈 (polydispersed) 的甘露多醣，結構為 β (1 \rightarrow 4)-linked acetyled mannan (Manna and McAnalley, 1993) 與山藥甘露多醣的骨幹結構相同。Acemannan 誘導免疫反應的生理活性屬於抗原依賴型 (Chinnah et al., 1992)，可引發巨噬細胞株 RAW 264.7 產生 NO (Nitric oxide) (Karaca et al., 1995；Ramamoorthy et al., 1996)。Ramamoorthy 與 Tizard (1998) 更指出 Acemannan 具有抗濾過性病毒與活化巨噬細胞的生理活性。在 Interferon- α (INF- α) 存在下，Acemannan 可誘發巨噬細胞株 RAW 264.7 活化，產生細胞自殺反應 (Apoptosis)，且 NO 並不會停止此誘發反應。因此 Acemannan 已被認定為具有誘導免疫反應的能力。而細胞自殺反應可用於對抗癌細胞，常應用於抗癌藥物，因此，Acemannan 的抗癌活性則有待後續研究證明。

近年來，對於可溶性膳食纖維的研究，並沒有特定針對山藥的文獻，因此，值得從相關的研究，瞭解此類成分的生理活性。Kritchewsky 與 Tepper (1995) 指出，以洋車前子 (psyllium) 可溶性膳食纖維餵食兔子，能降低其血清及肝臟的脂肪含量，並減少發生嚴重的動脈硬化症。若與小麥、米及燕麥麩皮等共同使用，可顯著降低高脂飲食老鼠之大腸癌罹患率，發揮有效的化學防制調節機制 (Alabaster et al., 1996)。以關華豆膠 (guar gum)、果膠 (pectin) 及阿拉伯膠 (gum arabic) 等具黏性之可溶性膳食纖維，進行模擬十二指腸基質反應，發現會改變三酸甘油脂的乳化及脂解性質 (Pasquier et al., 1996)。Sobotka 等 (1997) 以可被發酵的菊糖 (inulin) 進行臨床試驗，結果顯示大腸菌相獲得改善，並提升基質轉化為短鏈脂肪酸 (short-chain fatty acid)。而對罹患高膽固醇血症的人，不分性別，菊糖則可能具有降低血膽固醇的效果，但會伴隨輕微的不適症 (Davidson et al., 1998；Causey et al., 2000)。Gofii 等 (2000) 針對一種海藻 (Nori alga) 所含可溶性膳食纖維進行研究，發現可使健康者餐後血糖濃度降低，同時在體外也顯示其對澱粉水解程度具有減少的作用。攝取大豆可溶性膳食纖維，對切除胃部的老鼠而言，可有提升鈣質吸收，改善骨質脆弱症狀 (Shiga et al., 2002)。Nakao 等 (2002) 的研究指出，對臥病在床的老人管灌可

溶性膳食纖維，可使腸道菌相維持正常，減少小腸黏膜的萎縮，促進其自發性大腸蠕動，改善下痢的症狀。

為瞭解山藥的生理活性來確認其保健功能，則其黏質多醣的含量、分子結構特性、分子量、分支程度、乙醯化程度，甚至立體空間的構形與活性的關連性研究都是不可或缺的。本研究為此系列研究的開端，計畫擬以類似分析可溶性膳食纖維及黏質的方法，分析台灣產山藥黏質多醣的含量開始，進一步分離純化所含的多醣類 (可能含有其他次要的多醣)，並分析其單醣組成，再分析其經加熱與乾燥加工處理後黏質多醣含量與分子量的變化。

三、材料與方法

(一)、材料：

分析由行政院農業委員會農業試驗所提供，與收集自南投及花蓮之台灣產山藥栽培種包括：山藥台農 2 號、中國長、刺薯品系、名間長紅、基隆山藥等品系。

(二)方法：

1、加工試驗：

以台農二號山藥為原料，以冷凍乾燥的樣品為對照組，以蒸煮、水煮、殺菌、烘烤四種加熱方式與熱風、滾筒兩種乾燥方式為試驗組。製備方法如下：冷凍乾燥對照組：樣品經洗淨、去皮、切成 3 mm 薄片後，立即冷凍於真空下進行乾燥。試驗組 1) 蒸煮：樣品經洗淨、去皮、切成 3 mm 薄片後蒸煮 10 分鐘。2) 水煮：樣品經洗淨、去皮、切塊成約 3 cm³ 立方體後於沸水中煮 10 分鐘。3) 烘烤：樣品經洗淨、連皮切成長約 3 cm 小段，於 180°C 烘箱中烘烤 30 分鐘。各加熱處理後，以冷凍乾燥方式乾燥。5) 熱風乾燥 (樣品經洗淨、去皮、切成 3 mm 薄片後，於溫度 60°C 熱風中乾燥 12 小時。6) 滾筒乾燥 (樣品經洗淨、去皮、切片加水均質磨漿，製成固形物為 15% 之山藥漿，以滾筒溫度 125 \pm 5 °C、滾筒間隙 0.6~0.7 mm、轉速 40 cm/min 進行乾燥，樣品滯留於滾筒的時間為 2 分鐘。所有樣品經乾燥磨粉後，以 100 mesh 篩網過篩，供黏質定性、定量分析使用。

2、水溶性、非水溶性與總膳食纖維含量 (soluble, insoluble, and total dietary fiber)：

採用 AOAC-991.43 酵素-重量法測定水

溶性膳食纖維 (SDF) 含量來表示黏質多醣含量。在分析中會同時進行非水溶性 (IDF) 與總膳食纖維 (TDF) 含量的測定藉以觀察在加工過程中山藥結構多醣的降解 (由非水溶變為水溶) 與凝集 (由水溶變為非水溶) 的概況。

3、黏質(mucilage)萃取及硫酸銨分劃：

取生鮮山藥切片、凍乾，加入十倍體積 (w/v) 之 4°C 冷水後，均質、離心取上層液，以三倍體積之冰丙酮沈澱之，過濾後，移入乾燥器中，經抽氣乾燥而得黏質丙酮粉。取黏質丙酮粉復溶，加入硫酸銨，收集 0-40%、40-60%、60-80% 飽和度之劃分，並分析其醣類與蛋白質的比值。

3、高效能分子篩層析法配合多角度雷射光散射檢測分析：

利用高效能分子篩層析法所使用的樣品，為測定水溶性膳食纖維時所得的水溶性樣品，該樣品為水可溶且以耐熱的 α -amylase, amyloglycosidase 去除殘留的澱粉，並以 protease 去除蛋白質後，可以 75~80% 乙醇沉澱的多醣部分，分析時將樣品製備成濃度為 2 mg/ml 的溶液後，以 0.45 μ m 過濾膜過濾後使用。所使用的分子篩層析管柱為 TSK-G4000PWxI 與 G3000 PWxL (Tosoh Co., Tokyo, Japan) 以系列方式連接，流洗液為 50 mM 磷酸鹽緩衝溶液 (pH6.8)，管柱溫度為 60°C，檢測系統包括多角度雷射光散射儀 (Eos MALLS, Wyatt Instrument Co., St. Barbara, CA) 與示差折射率儀 (Optilab, Wyatt Co.) 以系列方式連接。分子量與分子量分佈利用檢測儀所附軟體計算。

4、單醣組成分析：

所得多醣以 1.0 N H_2SO_4 加熱水解成單醣，以 $Ba(OH)_2$ 中和，再以過濾去除所生成的 $BaSO_4$ ，經陰陽離子交換樹脂去除殘留的離子後，以 0.45 μ m 過濾膜過濾後，利用高效能液體層析分析其單醣組成。所使用的層析分離管柱為 NH_2 固定相，所使用的流洗液為 acetonitrile-water (75:25) 混合液。

四、結果與討論

利用水溶性膳食纖維 (Soluble dietary fiber, SDF) 的分析方法來評台灣栽種山藥的可溶性多醣的含量，並建立膳食纖維含量的資料。選用的九種山藥之膳食纖維含量，依

去皮山藥之乾重(食用部分)計算，其水可溶性膳食纖維(SDF)平均含量介於 1.73~3.64% 之間，以台農二號含量最高；非水溶膳食纖維 (Insoluble dietary fiber, IDF) 平均含量，則以基隆山藥 (白肉) 最高(7.40%)，而台農二號 2.77% 最低(表一)；總膳食纖維(SDF+IDF) 平均含量是以基隆山藥(白肉)之 10.94% 最高，但因本計畫是以 SDF 為研究主體，考慮產量與薯塊形狀之可加工性，故選擇台農二號山藥作為後續分析之主要樣品。

加工方式對台農二號膳食纖維含量之影響如表二所示，其 SDF 含量與凍乾相較，平均下降 36~51%。由於加熱並不會影響粗蛋白、粗脂肪、粗纖維及總醣等含量，故 SDF 含量下降，可能是加工乾燥時，SDF 彼此凝集 (aggregation) 或與其他成分產生更強的交互作用 (例如蛋白質)，甚或 SDF 本身斷裂成較小的分子，以致無法被酵素充分作用而萃取出來，或不能被四倍體積之 95% 酒精所沉降下來，前者可由 IDF 含量增加而合理地推測(表二)，至於後者則有待完成分子量測定，才能獲得印證。

含有黏質是山藥塊莖的主要組成特徵，其含量約佔塊莖乾重的 1~3%，其化學組成為醣蛋白 (名之為黏質多醣)，屬於水可溶性成分。取台農二號山藥去皮之凍乾切片，經十倍體積的 4°C 冷水萃取後，製取黏質多醣丙酮粉末復溶於水，藉硫酸銨分劃收集各飽和度區分，發現沉澱主要產生於 40~80% 飽和度；而低蛋白質/醣類比值的區分，則出現在 0~40% 及 80~100% 飽和度(表三)。測定山藥黏質多醣之總醣及醛醣酸 (Uronic acid)，可知醛醣酸含量約佔總醣量的 0.4%。

取包括台農二號在內的五種山藥 SDF，分析其醛醣酸含量則介於 9.46~28.42% 之間，其中以名間長紅含量最高(表四)。台農二號 SDF 含醛醣酸 13.64%，相較於黏質多醣之醛醣酸含量僅佔 0.4%，可知以 AOAC-991.43 酵素-重量法測定 SDF，將會萃取出含多量醛醣酸的多醣。此酸性多醣推測可能是果膠質 (pectin)，在酵素及高溫的作用下，溶解度增加而形成 SDF 的一部份。

五、計畫成果自評

本計畫已分析數種山藥所含可溶性膳食纖維 (SDF) 樣品，並瞭解在一般的加工條件對

其含量有顯著的影響，此資訊可提供營養性試驗在計算纖維量的修正參考。SDF中所含的醛醣酸可能源自所含的果膠，而中性醣含甘露醣可能源自黏質多醣，經海洋大學龔瑞林教授之初步試驗，發現具有抑制腫瘤細胞之活性，其活性分析將持續深入研究，期能瞭解台灣山藥所含多醣之特性。

六、參考文獻

王昭月、劉新裕 (1992) 不同山藥 (*Dioscorea alata* L.) 品係塊莖之貯存研究。中華農業研究41:159-168。

王常青 (1995) 長山藥中黏液質及其流變特質的研究。食品與發酵工業 3: 52-56。

古德業 (1994) 台灣根莖作物產業概況。根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊: 1-10。

那琦 (1976) 第七章 本草考察示例: 山藥本草之考察。本草學。P.287-295。南天書局。台北。

那琦、甘偉松、楊榮季 (1978) 台灣產藥材之生藥學研究(IV)台灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報9: 1-48。

林俊義、盧煌勝、劉新裕 (1998) 1998山藥之山產與食譜。農業試驗所編印，台中。

林景彬 (1985) 山藥。常用中藥藥理與應用。p.450。中國醫藥學院，台中。

劉新裕 (1999) 山藥之品種特性與生產促進研究。p.1-19, 1999藥用植物之開發與利用研討會。台灣省農業試驗所。

劉新裕、王昭月、徐原田、段中漢 (1992) 山藥台農1號之選育與適應性。中華農業研究41: 140-158。

劉新裕、王昭月、徐原田、胡敏夫、楊宏仁、何其探 (1996) 山藥新品種--台農二號。豐年46: 22-25。

蔡錫舜、戴芬芝 (1984) 台灣產田薯 (*Dioscorea alata* Linn.) 所含黏質物之分離及其理化性質之研究，第一報: 黏質物之分離與精製。中國農業化學22:88-94。

蔡錫舜、戴芬芝 (1984) 台灣產田薯 (*Dioscorea alata* Linn.) 所含黏質物之分離及其理化性質之研究，第二報: 黏質物

之黏稠性狀。中國農業化學22: 95-101。

鄭炳全 (1967) 台灣產山藥之生藥學研究遺補。私立中國文化學院實業計畫研究所農業學門要用植物組研究生論文。

謝東伯、楊建澤、吳家鐘、戴芬芝 (1976) 台灣產田薯之成分分析及利用之研究，第一報: 田薯澱粉之分離及其若干理化特性。化學4: 96-103。

Alabaster, O., Tang, Z., Shivapurkar, N. (1996) Dietary fiber and the chemopreventive modulation of colon carcinogenesis. Mutation Research 350: 185-197.

Causey, J. L., Feirtag, J. M., Gallaher, D. D., Tunland, B. C. and Slavin, J. L. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. Nutrition Research 20(2): 191-201.

Chinnah A.D., Baig M. A., Tizard I. R., Kemp M. C. (1992) Antigen dependent adjuvant activity of a polydispersed β -(1,4)-linked acetylated mannan (acemannan). Vaccine 10:551-557.

Davidson, M. H., Maki, K. C., Synecki, C., Torri, S.A. and Drennan, K. B. (1998) Effects of dietary inulin on serum lipids in men and women with hypercholesterolemia. Nutrition Research 18(3): 503-517.

Gofii, I., Valdivieso, L. and Garcia-Alonso, A. (2000) Nori seaweed consumption modifies glycemic response in healthy volunteers. Nutrition Research 20(10): 1367-1375.

Hikino H, Konno C, Takahashi M, Murakami M, Kato Y, Karikura M, Hayashi T (1986) Isolation and hypoglycemic activity of dioscorans A, B, C, D, E, and F; glycans of *Dioscorea japonica* rhizophors. Plant. Med. 168-171.

Hironaka, K. and Nakagawa, M. (1996) Effect of mucilage concentration on viscosity of Chinese yam serum. Res. Bull. Obihiro. Univ.17: 391-394.

Karaca K, Sharma J.M., Nordgren R. (1995)

- Nitric oxide production by chicken macrophages activated by acemannan, a complex carbohydrate extracted from *Aloe vera*. *Int. J. Immunopharmac.* 3:183-188.
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A. (1995) Influence of dietary fiber on establishment and progression of atherosclerosis in rabbits. *Nutritional Biochemistry* 6: 509-512.
- Liu, S. Y. (1989) The cultivation techniques for enhancing productivity and processing quality of yam (*Dioscorea alata* L.) Coconunt-Lisbon. *J. Agric. Res. China.* 38: 312-325.
- Liu, S. Y., Chang, t. w., Wang, J. Y., Shyu, Y. T. and Hu, M. F. 1997. Production improvement of yam variety Tainung No.2. *J. Agric. Res. China.* 46: 249-261.
- Liu, T. S. and Huang, T. C. (1962) On the Taiwan species of *Dioscorea*. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 3: 133-149.
- Misaki, A., Ito, T. and Harada, T. (1972) Constitutional studies on the mucilage of "yamanoino," *Dioscorea batatas* decnc, from Tshune-isolation and structure of a mannan. *Agric Biol. Chem.* 36: 761-77.
- Nakao, M., Ogura, Y., Satake, S., Ito, I., Iguchi, A., Takagi, K. and Nabeshima, T. (2002) Usefulness of soluble dietary fiber for the treatment of diarrhea during enteral nutrition in elderly patients. *Nutrition* 18: 35-39.
- Pasquier, B., Armannd, M., Guillon, C., Borel, P., Barry, J. L., Pieroni, G. and Lairon, D. (1996) Viscous soluble dietary fibers alter emulsification and lipolysis of triacylglycerols in duodenal medium in vitro. *Nutritional Biochemistry* 7:293-302.
- Ramamoorthy, L., Kemp, M.C., Tizard, I. R. (1996) Acemannan, a β -(1,4)-acetylated mannan, induces nitric oxide production in macrophage cell line RAW 264.7. *Mol. Pharmacol.* 50:878-884.
- Ramamoorthy, L. and Tizard, I.R. (1998) Induction of apoptosis in macrophage cell line RAW 264.7 by acemannan, a β -(1,4)-acetylated mannan. *Mol. Pharmacol.* 53:415-421.
- Shiga, K., Hara, H., Takahashi, T., Aoyama, Y., Furuta, H. and Maeda, H. (2002) Ingestion of water-soluble soybean fiber improves gastrectomy-induced calcium malabsorption and osteopenia in rats. *Nutrition* 18: 636-642.
- Sobotka, L., Bratova, M., Slemrova, M., Manak, J., Vizda, J. and Zadak, Z. (1997) Inulin as the soluble fiber in liquid enteral nutrition. *Nutrition* 13: 21-25.
- Tindall, H. D. (1983) Dioscoreaceae. In *Vegetables in the Tropics.* p.201-224. Macmillan Press, London.
- Tomada, M., Ishikawa, I. and Yokoi, M. (1981) Plant mucilages. XXX. Isolation and characterization of a mucilage, "Dioscorea-mucilage B", from the Rhizophors of *Dioscorea batatas*. *Chem. Pharm. Bull.* 29: 3256-3261.
- Wang, J. Y., Liu, S. Y., Son, L. M. and Kao, C. C. (1993) Genetic and agronomic variation among yam genotypes. *Jour. Agric. Res. China.* 42:280-291.

七、圖與表

表一、台灣栽種山藥膳食纖維之含量。

品系 (cultivars)	膳食纖維 (%乾重)	
	IDF*	SDF*
台農二號	2.77±0.06	3.64±0.24
刺薯	3.46±0.08	1.87±0.25
中國長	5.08±0.31	1.78±0.10
花蓮三號	4.63±0.02	3.34±0.13
正基隆山藥	7.40±0.38	3.54±0.05
基隆山藥 (黃)	4.87±0.40	2.60±0.16
大壽	2.83±0.12	1.76±0.10
名間長紅	5.20±0.24	1.97±0.11
F155	3.29±0.14	1.73±0.07

IDF*: insoluble dietary fiber.

SDF*: soluble dietary fiber.

表二、加工方式對台農二號膳食纖維含量之影響。

加工方式	膳食纖維 (%乾重)	
	IDF	SDF
凍結乾燥	2.77± 0.06	3.64± 0.24
蒸煮	5.76± 0.47	2.20± 0.15
水煮	5.99± 0.14	2.18± 0.11
烘焙	5.96± 0.14	2.05± 0.05
鼓式乾燥	2.92± 0.10	1.77± 0.02
鼓式乾燥預糊化	3.26± 0.16	1.92± 0.05
熱風乾燥	3.80± 0.11	2.33± 0.14
熱風乾燥預糊化	6.17± 0.18	2.05± 0.15

表三、台農二號山藥黏質之硫酸銨分割與蛋白質對醣類的比值。

硫酸銨飽和度 (%)	蛋白質/醣類
0	7.96
0-40	4.42
40-60	14.85
60-80	27.05
80-100	0.32

表四、山藥可溶性膳食纖維(SDF)之醛醣酸(uronic acid)含量。

品系(cultivar)	Uronic acid (%SDF)
F155	9.46
大壽	12.04
台農二號	13.64
日本山藥	15.69
名間長紅	28.42