

臺灣藥用植物“山藥”之微量元素分析及攝入評析 Elemental Analysis and Intake Assessment of Taiwanese Yam “*Dioscorea* spp.”

計畫編號：NSC-89-2313-B-040-007

執行期限：89年 08月 01日至 90年 07月 31日

主持人：陳健懿 中山醫學大學 助理教授

共同主持人：劉新裕 行政院農業委員會農業試驗所 研究員

計畫參與人員：詹成昌 清華大學 原科中心三等核能技師

計畫參與人員：廖培湖 中山醫學大學 技士

一、中文摘要

為了探討不同種植地區可能造成的差異性，本研究將針對臺灣主要產地之六類(包含 22 種品系)山藥，植育於霧峰農試所，藉最適化儀器中子活化分析(INAA)，進行微量元素分析。本文對每種山藥品系進行三重複量測，共分析 19 種元素。INAA 方法並與國際原子能總署地衣標準品(IAEA-336)進行比對/品質管制。結果顯示大部份的元素含量在各品系中分佈範圍及差異性極大，台農 1、2 號具有最多的鉀、鎂及鐵；硒、砷是第一次分析於臺灣本土種植山藥，濃度在 10^{-2} 至 10^{-3} mg/kg 之間，本結果與馬來西亞、斯里蘭卡等地山藥元素含量相符合。以對山藥的攝食習慣，每人、每日最多攝取 100 g 乾重山藥計算，鎂、銅、鈷之每日最大攝取量少於世界健康組織之建議值。

關鍵詞：山藥、儀器中子活化分析、每日最大攝取量

Abstract

To effectively suppress the diversity different planted lands, six distinct species of *Dioscorea* spp.(22 varieties) were cultivated at the same farm, Wufeng in Taiwan. An optimal Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) was developed and about 19 elements were determined in the Taiwanese *Dioscorea* spp. Standard Reference Material (SRM), lichen IAEA-336

was also analyzed for quality assurance and concentration analysis. The samples and standard were analyzed in triplicate. Results indicate TNG1, TNG2 have the most abundance of K, Mg, and Fe. Most elements have wide ranges of concentrations among different species. Herein, Se and As were first analyzed in Taiwanese Yam, ranging from 10^{-2} to 10^{-3} mg/kg. Results show agreement with *Dioscorea* spp. planted in Malaysia and Sri Lanka. According to the consumption habit of these herbs, an adult is suggested to eat dry weight 100 g of *Dioscorea* spp. per day, Maximum Daily Intakes (MDI) of Cu, Co, Mg and Zn are below the current recommended levels by the World Health Organization (WHO).

Keywords: *Dioscorea* spp., INAA, MDI

二、緣由與目的

山藥(*Dioscorea* spp.)原名薯蕷，《本經》列為上品，為薯蕷科(Dioscoreaceae)植物，山藥是國家重要農作物種類，多年生蔓性根莖類植物，可供食用或保健利用，有滋養、強壯及止瀉之效。⁽¹⁻³⁾更受日本、馬來西亞、斯里蘭卡、巴西與非洲奈及利亞等國家人民的喜愛。⁽⁴⁻¹⁰⁾臺灣本地主要栽培之山藥有六物種：大薯又稱田薯(*D. alata* L.)、長薯又稱家山藥(*D. batatas* Decne)、甜薯(*D. esculenta* (Lour.) Burk.)、恆春山藥又稱戟葉田薯(*D. doryophora* Hance)、山薯又稱日本山藥(*D. japonica* Thunb.)、紫田薯又稱條薯(*D. alata* L var. *purpurea* M.

Pouch.)，上述六類為臺灣農民極喜歡種植之山藥種類，均極適合栽培、生產。⁽¹⁻³⁾但目前臺灣產山藥之主要、次要及微量元素，未有全盤詳細之研究數據或報告可供參考。過去 10 年間，行政院農業委員會農業試驗所正全力進行發展本土性重點保健作物如山藥，包含選擇更優良品種、發展栽培技術，經篩選之山藥新品種，即分別具有高產、優質及獨特塊莖特色。近幾年來臺灣每年生產 1,500 公噸山藥，如台農 1 號為褐皮色白肉大薯類，繁殖容易，產量可達每公頃 30 公噸；而台農 2 號為更具生產力、產量更高達每公頃 30-60 公噸。⁽³⁾為了探討避免由種植區當地土質、氣候、濕度及肥料對各類山藥造成的影響，本研究由臺灣地區主要產地(名間、埔里、竹山、二水、左鎮、苗栗、花蓮、基隆等鄉鎮)種植之優良山藥種類，共 22 品系(表一)，植育於霧峰之農試所，藉最適化儀器中子活化分析 (Instrumental Neutron Activation Analysis, INAA) 進行主要、次要及微量元素分析，如鋁(Al)、砷(As)、溴(Br)、氯(Cl)、鈷(Co)、銅(Cu)、鐵(Fe)、鉀(K)、鐳(La)、鎂(Mg)、錳(Mn)、鈉(Na)、銣(Rb)、銻(Sb)、釷(Sc)、硒(Se)、釷(Sm)、釷(V)及鋅(Zn)共 19 種元素之含量，再交叉駢對分析比較各品系之異同，同時參考攝食習慣求得各元素每人、每日之最大攝取量，此結果另將與臺灣地區的每日平均攝取量人民及世界健康組織(World Health Organization, WHO)比較。^(5,6)

三、材料與方法

行政院農業委員會農業試驗所種植的六類山藥(共 22 品系，如表一)，各品系取樣 5 公斤，塊莖經去皮、洗淨、切割、乾燥(溫度 70°C，36 小時)後，必須再研磨成粉末狀，以求分析樣品均勻化及控制樣品的幾何大小及形狀，然後收集於 150 毫升裝的廣口聚乙烯瓶內，將一罐裝著山藥粉末樣品的聚乙烯瓶收存於維持定濕之電子防潮箱(防潮家 D145EA)，以控制樣品在長期保存下濕度的穩定性。^(5,7,11)

由 INAA 分析技術評析山藥樣品微量元素的分佈時，對於待測樣品品管上的要求，須稱取均勻分佈的小量待測樣品，才

具有代表性。試樣在反應器內照射期間，是否發生對中子的自屏蔽效應也與小量樣表一 臺灣地區主要種植六類山藥 22 品系及代號

肉色	學名	代號	品系	薯 _a 型
白	<i>D. alata</i> L.	70W01	特一品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W03	台東品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W09	特十一品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W22	松柏坑品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W34	大汕二品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W35	大汕三品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	70W47	二刺品系	長型
	<i>D. alata</i> L.	80W02	中國長品系	中型
	<i>D. alata</i> L.	TNG1	台農 1 號	短型
	<i>D. alata</i> L.	TNG2	台農 2 號	中型
	<i>D. batatas</i> Decne	70W41A	自然 1 品系	長型
	<i>D. batatas</i> Decne	70W41B	自然 2 品系	長型
	<i>D. batatas</i> Decne	70W44	次城品系	長型
	<i>D. esculenta</i> (Lour.)Burk.	82U15	甜薯品系	短型
	<i>D. esculenta</i> (Lour.)Burk.	70W19	刺蜜薯品系	短型
	<i>D. doryophora</i> Hance	70W20	恒春品系	長型
	<i>D. japonica</i> Thunb.	70W49	青森品系	長型
紅	<i>D. alata</i> L. var. <i>purpurea</i> M. Pouch.	70 R 16	血薯品系	中型
	<i>D. alata</i> L. var. <i>purpurea</i> M. Pouch.	70R20	名間紅品系	中型
	<i>D. alata</i> L. var. <i>purpurea</i> M. Pouch.	70R22	松柏紅品系	中型
	<i>D. alata</i> L. var. <i>purpurea</i> M. Pouch.	83CM201	大紅品系	中型
	<i>D. alata</i> L. var. <i>purpurea</i> M. Pouch.	83CM302	紅毛薯品系	中型

^a薯型:長型 $l > 60$ cm, 中型 20 cm $< l < 60$ cm, 短型 $l < 20$ cm

品形狀有關, 經篩網處理後, 於聚乙烯瓶內取出三個樣品, 裝置於大小為 3×3 cm², 厚度為 1 mm 的正方型塑膠袋, 對中子的自屏蔽效應可忽略不計。⁽⁷⁾所有試樣(包含 150 至 200 mg 山藥樣品、地衣標準品、作為背景值之空塑膠袋及中子通率校準的鎳金屬), 置於清華大學水池式反應器內照射, 這期間都在相同的中子通率條件下被活化。而且, 進行加馬能譜計測時, 也能避免計測效率的變異。每個試樣都包覆兩層塑膠袋, 外層包裝袋於中子照射後, 立即更換新的塑膠袋(未照射), 以避免多餘的活化產物可能影響分析結果, 並污染計測系統。^(5,7,11)

本研究方法採用 INAA 具有下列優點:(1) 樣品進行分析前只要均質化、乾燥處理, 即可達到化學純化、濃縮的目的, 不會造成對分析樣品的污染;(2) 求得最佳分析條件後, 可同時分析多種元素, 再現性極佳, 並經過適當時間衰變後可重複分析使用之非破壞分析方法詳見表二。⁽⁵⁾INAA 基本上是利用被活化核種的加馬射線(γ -ray), 作為元素分析的依據, 待測元素(靶核)捕獲中子後, 得到處於不穩定的過渡核, 由於每個過渡核均有一確定的半衰期(表三), 會將多餘的能量, 以特定加馬射線釋放出來, 而成穩定的基底態核種。只要配合適當的加馬能譜分析系統, 計測被活化核種衰變時放射特定能量的加馬射線及強度, 就能量測試樣中各元素的含量。山藥樣品、地衣標準品、空塑膠袋及鎳金屬經過適當時間冷卻後, 可求得最適化的加馬能譜分析條件進行元素含量測定。⁽⁵⁾全部的偵測分析設備包括:(1)高純度鍺(HPGe)偵檢器---相對效率為 15%, 在 ⁶⁰Co 加馬能量 1332.5 keV 解析度為 2.31 keV;(2)多頻道分析儀(Multichannel analyzer)--Series 35 plus

表二 最適化儀器中子活化分析條件

照射時間	冷卻時間	計測時間	核種
5 分	2 分	5 分	²⁸ Al, ⁵² V, ⁶⁶ Cu, ²⁷ Mg, ³⁸ Cl, ⁵⁶ Mn, ⁶⁵ Ni ^a
24 小時	5-7 天	20 分	⁴² K, ²⁴ Na, ⁷⁶ As, ⁸² Br, ¹ ⁴⁰ La, ¹⁵³ Sm, ¹²² Sb
24 小時	25-35	2 小時	⁸⁶ Rb, ⁵⁹ Fe, ⁴⁶ Sc, ⁷⁵ Se,

天 ⁶⁵Zn, ⁶⁰Co
(CANBERRA)或 System-100 (S100, CANBERRA); (3)能譜分析軟體---SAMPO 90 (CANBERRA); (4)個人電腦及週邊設備。^(5,7,11,12)進行 INAA 時, 主要依個別核種特性, 分成三群最適活化分析方法, S 群: 照射 5 分鐘, 冷卻 2 分鐘, 計測 5 分鐘; M 群: 照射 24 小時, 冷卻 5 至 7 天, 計測 20 分鐘; L 群: 照射 24 小時, 冷卻 25 至 35 天, 計測 2 小時, 如表三所示。^(5,7,11)進行 INAA 時, HPGe 偵檢器的無感時間(dead time), 不超過 10%。^(5,7)

加權平均與駢對分析

經冷凍乾燥, 已均勻化的同一品系取樣三次; 進行三重複分析, 得到各元素含量, 使用加權平均進行同一品系元素濃度計算, 以平均數(mean)及標準差(standard deviation)表示。^(5,7,13)對同一取樣的山樣中元素分佈的加權平均(\bar{X})如下:

表三 儀器中子活化分析核種及特性^a

群	核種	半衰期	加馬能量 (E γ keV)
S	²⁸ Al	2.24 分	1778.8
	⁵² V	3.75 分	1434.1
	⁶⁶ Cu	5.10 分	1039.0
	²⁷ Mg	9.46 分	843.8
	³⁸ Cl	37.21 分	2167.5
	⁵⁶ Mn	2.56 小時	846.8
M	⁴² K	12.36 小時	1524.7
	²⁴ Na	15.00 小時	1368.5
	⁷⁶ As	26.32 小時	559.1
	⁸² Br	35.30 小時	776.5
	¹⁴⁰ La	40.22 小時	1596.5
	¹⁵³ Sm	46.7 小時	103.2
L	⁸⁶ Rb	18.66 天	1076.6
	⁵⁹ Fe	44.63 天	1099.2
	⁴⁶ Sc	83.83 天	889.2
	⁷⁵ Se	120 天	264.6
	⁶⁵ Zn	244 天	1115.5
	⁶⁰ Co	5.27 年	1173.2
	⁶⁵ Ni	2.52 小時	1481.8

^a參考資料 12

$$\bar{X}_{(i)} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{X_{(i)}}{S_{(i)}} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{S_{(i)}} \right]^2}$$

$\bar{X}_{(i)}$ 為第 n 個山藥樣品中某一個元素 i 含量平均數

$X_{(i)}$ 為第 n 個山藥樣品中某一個元素 i 的含量, mg/kg

$S_{(i)}$ 為第 n 個山藥樣品中某一個元素 i 的含量之標準差

$$S_{\omega} = 1/\left\{ \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{S_{(i)}} \right]^2 \right\}^{1/2}, x_{(i)} =$$

$S_{\omega} \cdot \bar{X}_{(i)}$

S_{ω} = 計算同一樣本群之山藥元素含量的加權平均之標準差

$x_{(i)}$ = 元素 i 含量的標準差

並以學生式 t 值測驗(student's t test)進行各品系的駢對法(pairing method)分析, 顯著水準上用 $p = 0.05$ 比較六類山藥之間元素含量的差異。t 值測試為

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\Delta x_1^2}{N_1} + \frac{\Delta x_2^2}{N_2}}}$$

式中 \bar{X}_1 及 \bar{X}_2 為駢對組元素含量平均數, x_1 及 x_2 為駢對組元素含量的標準差, 而 N_1 及 N_2 為各樣本數目, 若機率設定的 t 分佈所得臨界 $t(t')$ 值比較, 若 $t > t'$ 則駢對組有顯著差異(significant difference)。(7,9)

四、結果與討論

由表四至七中得知, 以最適化 INAA 分析條件, 可於臺灣本土種植山藥塊莖中測得 19 種元素: 鋁、砷、溴、氯、鈷、銅、鐵、鉀、鎳、鎂、錳、鈉、銻、銻、銻、銻、銻、銻及鋅元素, 更可顯示各種元素在各類山藥的差異性, 及各種山藥在營養上的重要性。(5)

本研究進行短時間 5 分鐘照射, S 群分析時, 最重要的是偵檢器的無感時間不能超過 10%, 偵檢器至樣本距離為 8 cm。具短半衰期過渡核種 ^{28}Al (2.24 分)、 ^{52}V (3.75 分)及 ^{66}Cu (5.10 分)之分析, 於 5 分鐘照射後 2 分鐘內衰變, 為了避免這些過渡核種活性上衰減, 山藥被活化後必須快速的取出, 更換外面防污的塑膠袋, 隨即送入 HPGe 偵檢系統, 進行活化量測。由於來自山藥基質上的干擾, γ 能譜上大

部分活性為來自 ^{24}Na (1368.5 keV)、 ^{42}K (1524.7 keV)、 ^{38}Cl (2167.5keV)及反應器而來的 ^{41}Ar (1293.6 keV), 俾使 S 群屬於 ^{27}Mg (843.8keV)、 ^{56}Mn (846.8 keV)分析, 於計數統計上, 標準偏差因而擴大, 更加困難, 中子通率上的變化是以鎳金屬來校準。(11)INAA 分析時, 經過 5 至 7 天後的衰變, 計測 20 分鐘 M 群可以清楚的分析得到溴及砷的濃度, SAMPO90 軟體可以將屬於 ^{82}Br (554.3 keV), ^{76}As (559.1 keV), ^{122}Sb (563.9 keV)清楚分開。(12)在 24 小時長半時間照射 L 群最適化分析條件下, 冷卻 25 至 35 天, 可以分析得到半衰期長達 15 天以上的過渡核如 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{75}Se 、 ^{60}Co 。但由於來自山藥基質、能譜上康卜吞效應、背景值上的干擾, 或是比最小可測濃度(Minimum Detectable Concentration MDC)還低, 大薯可分析得到 19 種元素、長薯 18 種、甜薯 16 種、山薯 15 種、紫田薯 18 種元素, 詳見表四至七。

一、大薯

於大薯(*D. alata* L.)之分析結果中, 種植於農試所之 10 品系(70W01、70W03、70W09、70W22、70W34、70W35、70W47、80W02、台農 1 號、台農 2 號), 含量最高的是鉀, 由台農 1 號 26.8 g/kg; 台農 2 號 24.9 g/kg, 鉀能調節體液之 pH 值, 影響神經傳導及心肌活動。(3)INAA 分析中, 砷於 80W02(159 μ g/kg)、銅於 70W03(44 mg/kg)、鈷於 70W01(195 μ g/kg)、鎂於 70W47(667 mg/kg)、錳於台農 2 號(3.08 mg/kg)是本類之冠、鐵最高是 70W35(182 mg/kg)、硒於 70W22、70W35 最高含量 57 μ g/kg。鎂影響碳水化合物之代謝, 鐵為組成血紅素的主要元素, 增進氧氣運送, 錳與內分泌的活動、酵素的運用, 銅與紅血素之生產有關, 鋅是胰島素的成分之一。(3)植於馬來西亞及斯里蘭卡的大薯資料亦列於表四中, 本研究大薯的元素含量與植於馬來西亞、斯里蘭卡者相符合。(8,9)由表四中可得知, 台農 1、2 號具有豐富的鉀、鋅、銅、錳、硒等元素, 但是砷並不能偵測/分析於 70W03、70W03、70W22、70W34、70W35 及 80W02 品系。

二、長薯

70W41a、70W41b 及 70W44 三品系長薯中，鎂含量由 546 至 846 mg/kg，砷濃度是 87 至 97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，特別是 70W44 比其他種長薯的砷、硒濃度還高，詳見表五，由於是含量過低(小於 MDC)，或是能譜上背景值的干擾，鈉不能在長薯中測得。

三、甜薯、恆春山藥及山薯

甜薯、恆春山藥及山薯之品系較少，在台灣目前之產地較零散、種植面積不大且產量亦低於其他類山藥，本研究只針對甜薯之 70W19 及 82US15 二品系、恆春山藥之 70W20 及山薯之 70W49 進行取樣研究。由表七中可得知，82US15 之鐵含量為 210 mg/kg，明顯地($p < 0.05$)比其他品系高，鐵在紅血球上佔有很大的角色。

四、紫田薯

由五個不同紫田薯品系:70R16、70R20、70R22、83CM201、83CM302，元素分析結果得知，除了砷以外，共有 18 個元素可由 INAA 分析而得，但 70R16 只得到 15 種元素。紫田薯硒濃度由 79 至 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，比其他種類山藥明顯高出許多，特別是 70R20 為 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，70R20 品系內另含有較高量的鎂、鋁、鐵、鈉及硒，詳見表七。

表八為農試所六種山藥共 22 品系各元素含量之間關係，每一數值是經過三次重複 INAA 活化分析後以加權平均算出。⁽¹³⁾由於不同種類元素含量變化極大，硒、砷是第一次於本土產山藥分析得到，濃度在 10^{-2} 至 10^{-3} mg/kg 之間，砷符合衛生署衛生標準。⁽¹⁴⁾在長薯之中的鎂含量(759.31 mg/kg)明顯地($p < 0.05$)比其他品系濃度還高，而山薯所含的鋁及鈉(209、4.70 mg/kg)明顯地比其他品系較高，長薯內的鐵、鋅明顯地與其它類山藥不同，長薯內的鎂與其它山藥比較是最高的，鏷系元素中的鈾及鐳，從 10^{-1} 至 10^{-3} mg/kg，可以精確地由最適化 INAA 分析得到，詳見圖一。⁽⁵⁾本研究結果顯示與馬來西亞等地種植的大薯，或斯里蘭卡之甜薯非常符合，但是鈉、鋅及銅的含量比斯里蘭卡略低。^(8,9)

每日最大攝取量(Maximum Daily Intakes, MDI)

山藥具有促進消化及增強免疫之功效，為常用藥食兼用材料。⁽³⁾乾重山藥水

含量介於 3.5 至 6.0% 之間，⁽¹⁵⁾依據臺灣人民攝食習慣，假設成人每日攝取各類乾重山藥最多 100 g，了解若以山藥當主食或為藥用植物，每日由山藥中攝入元素的多寡，並對於可能營養不足或造成食物中毒發出警訊。^(9,16)表九中分別列出每日攝食 100 g 各類乾重山藥、⁽⁹⁾各種元素之每人 MDI，此值並與 WHO、美國食品營養管理局(Food and Nutrition Board, FNB)的每日許可攝取量建議值(Recommended Dietary Allowance, RDA)及臺灣地區的每日平均攝取量比較。^(14,16-19)由表九中可明顯的看出每日攝入氣、鈉、鎂、鋅、銅、錳、硒的量少於 WHO 建議值，而對鉀、鐵、鈷等元素則明顯符合 WHO 的要求。⁽¹⁶⁻¹⁹⁾由表九可知攝食各類山藥是非常安全的。^(14,16-19)鋅最低為 1.87 mg (甜薯)到最多的 3.41 mg (大薯)，此值比 WHO、RDA 及臺灣每日平均攝取量還少。⁽¹⁶⁾鈷可視為維他命 B₁₂ 之重要元素之一，MDI 為每日攝取含量最少的 4.5 μg (山薯)及最多的 19.5 μg (大薯)均高於 RDA。鐵在人體內主要功能是與蛋白質形成血紅蛋白，MDI 為攝取甜薯 22.2 mg、大薯 18.2 mg，而紫田薯為 6.42 mg、長薯 4.5 mg、恆春山藥 7.3 mg、山薯 8 mg，會低於衛生署之每日營養素建議攝取量(Recommended Daily Nutrient Allowances, RDNA)：男性為 8 mg 及女性 10 mg 的鐵，故需再加以補充。⁽¹⁷⁾鉀、錳、硒及鋅等元素攝取量並沒有低於 WHO 或臺灣每日平均攝取量。⁽¹⁶⁾

五、結論

本研究針對臺灣現有六類山藥共 22 品系，以清華大學反應器依核種特性，分成三群，進行最適化儀器中子活化分析，使用三重復分析後加權平均，一共得到鋁、砷、溴、氯、鈷、銅、鐵、鉀、鏷、鎂、錳、鈉、鈉、銻、銦、硒、鈾、鈾及鋅元素。分析結果顯示，由於山藥種類不同，各類的元素之間有顯著差異存在，大薯內的銅、硒及鋅含量明顯比其他品系高，台農 1、2 號具有最多的鉀、鎂及鐵，含量為 27g/kg、540mg/kg、86mg/kg，硒及砷則符合衛生署衛生標準，含量由 10^{-2} 至 10^{-3} mg/kg。山藥為常用藥食兼用材料，結果顯

示攝食是安全的，由每人、每日攝取乾重 100 g 計算，氣、鈉、鎂、鋅、銅、錳、硒的量少於 WHO 建議值，而對鉀、鈷等元素則明顯符合 WHO 的要求，但紫田薯、長薯、恆春山藥、山薯中鐵的攝取量會低於衛生署每日營養素建議攝取量，需再加以補充。

致謝

本研究感謝清華大學原子技術發展中心的協助，使研究得以進行，並感謝國科會計劃(NSC 89-2313-B-040-007)、私立中山醫學大學計劃(CSMC 89-OM-A-082)經費支援，特致謝忱。

六、參考文獻

1. Liu, S. Y. 1999. Studies on the Variety Characteristics and Production Improvement of Yam (*Dioscorea* spp.). Proceedings of the Symposium on Development and Utilization of Medicinal Plants. 1-19 (in Chinese).
2. Tseng, C. Y., Yu, Z. R., Wang, B. J. and Liu, S. Y. 1999. The Antioxidative Activity of Yams. Proceedings of the Symposium on Development and Utilization of Medicinal Plants. 21-36 (in Chinese).
3. 劉新裕, 盧煌勝, 林俊義. 2000. 2000 年山藥之生產與藥膳利用. 行政院農業委員會農業試驗所.
4. Tsukada, H. and Nakamura, Y. 1998. Transfer factors of 31 elements in several agricultural plants collected from 150 farm fields in Aomori, Japan. J. Radioanal. Nucl. Chem., 236(1-2): 123-131.
5. Wei, Y. Y., Chung, C. and Wu, C. W. 1998. Optimal Analytical Conditions for Determining Elements in Gastric Tissue and Blood of Cancer Patients Using Neutron Activation. J. Anal. Chem. 53(7): 776-782.
6. Komori, T. 1997. Glycosides from *Dioscorea Bulbifera*. Toxicon. 35(10): 1531-1536.
7. Wei, Y. Y. and Chung, C. 1997. Elemental analysis of Taiwanese areca nut and limes with INAA. J. Radioanal. Nucl. Chem. 217(1): 45-51.
8. Ibrahim, N. 1994. Trace materials in tropical yam species: *Dioscorea* spp. Food Chem. 51: 5-6.
9. Wanasunders, J. P. D. and Ravindran, G. 1992. Effects of cooking on the nutrient and antinutrient contents of yam tubers (*Dioscorea alata* and *Dioscorea esculenta*) Food Chem. 45: 247-250.
10. Chu, E. P. and Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. 1991. Native and exotic species of *Dioscorea* used as food in Brazil. Econ. Bot. 45(4): 467-479.
11. Wang, C. H., Duo, M. J., Chang, E. E. and Yang, J. Y. 1996. Essential and toxic trace elements in the Chinese medicine. J. Radioanal. Nucl. Chem. 211(2): 333-347.
12. Canberra Industries, Inc. 1986. MicroSampo software cise 511, LOGION, OY, Helsinki, Finland (Developer).
13. Weng, P. S. 1990. Treatment of Environmental Radiation Data. Guo-Shing Press, Taiwan, 38.
14. 中華民國衛生署. 1999. 衛生署飲料類衛生標準. 衛生署食字第 88027006 號.
15. Lay, H. L., Denq, S. M., Liu S. Y. and Sheu, B. W. 1999. Studies on the Identification of Chinese Drug Material in Yams (*Dioscorea* spp.) J. of Food and Drug Analysis. 7(4): 313-325.
16. Liu, S. M., Chung C., Chuang, J. T. Wang, C. F. and Aras, N. K. 1991. Daily Dietary Intake of Minor and Trace Elements by Upper Social Group in Taiwan. J. Radioanal. Nucl. Chem. 150(2): 397-415.
17. 中華民國衛生署. 1993. 每日營養素建議攝取量. 民國八十二年修訂.
18. World Health Organization, Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, 30th Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1987. Geneva, Switzerland.
19. National Research Council Recommended Dietary Allowance, 10th ed., 1989. National Academy Press, Washington DC. 195.

