

花蓮 3 號山藥零餘子加工與風味特性之探討¹

羅李烟² 馮臨惠³

摘要

山藥零餘子(Bulbils)是薯蕷植物(Dioscoreaceae)之腋芽，生長在山藥藤莖葉間所結的珠芽。「花蓮 3 號」山藥是花蓮區農業改良場於 2000 年命名通過的長圓柱形白色山藥。植株著生的零餘子，每個大小約和花生粒相當，表皮質地細緻，內部質地也與山藥的塊莖相似，產量、大小與質地均適於加工利用。本研究針對加工操作需求，探討花蓮 3 號山藥零餘子之顏色控制與風味調整的方法，並利用玻璃瓶、殺菌袋及真空調理等方法，探討熱加工對零餘子產品品質的影響。結果顯示：殺菁可以穩定山藥零餘子的顏色不再變深。由感官品評的三角試驗分析水煮山藥零餘子湯汁的風味與蔘鬚的風味沒有顯著性的差異，但與當歸的風味則有顯著性的差異。就消費者喜好性評分而言，零餘子湯汁添加當歸較添加蔘鬚受歡迎。以包裝熱加工後零餘子破碎率比較，殺菌軟袋裝的破碎率高於真空調理袋裝。其原因與熱加工殺菌溫度有關(121°C vs 72°C)。高破碎率也導致湯汁的混濁度較高。又以消費者喜好性評分項目分析，真空調理袋裝的產品外觀優於殺菌軟袋裝，但兩者的風味相似，山藥零餘子的質地相近。整體的接受度沒有顯著性的差異。

(關鍵字：山藥零餘子、褐變、殺菁、罐製加工、殺菌袋、真空調理)

¹花蓮區農業改良場研究報告第 190 號。

²花蓮區農業改良場副研究員兼作物環境課課長

³國立宜蘭大學食品科學系副教授

前言

零餘子(Bulbils)是薯蕷植物(Dioscoreaceae)之腋芽，生長在山藥藤莖葉間所結的珠芽，大小不一，依品種不同，大如雞蛋，小如彈丸。那琦等(1979)曾收集 9 種臺灣產的零餘子，並研究其產量與生藥性質。除黃藥子(*D. bulbifera*)產量較多供藥用外，其餘均未見深入研究及應用。國外山藥零餘子的研究大都與山藥的繁殖有關(Okagami et al 1971, 李明軍等 2000, Kim et al 2003)。「本草拾遺」記載：「零餘子味甘溫無毒，主補虛、強腰腳、益腎，食之不飢，功能強於薯蕷」。Hikino 等(1986)分離山藥零餘子之聚醣，鑑定六種山藥素(Dioscorans A, B, C, D, E, and F)，發現這些成份具有調節血糖的功能，山藥零餘子之多醣(dioscoran)對以 Alloxan 誘發糖尿病的小鼠，可有效降低其血糖。在日本，山藥零餘子已被作為零嘴、糖果和山藥油飯。在台灣，目前已添加於月餅、或各種菜餚的佐料，如果積極開發，山藥零餘子可成為一種具有營養價值的保健產品。

「花蓮 3 號」山藥是花蓮區農業改良場於 2000 年命名通過的長圓柱形白色山藥。植株生長期間葉腋會著生零餘子，每個大小約和花生粒相當，質地細緻，，內部質地也與山藥的塊

莖相似，以產量、原料的尺寸大小與食用品質而言，均適於加工利用。依據農民估算：花蓮 3 號山藥零餘子產量約為 9000kg/ha。在台灣目前種植山藥面積約一千公頃，山藥零餘子大都任其自然掉落廢棄，並未加工利用甚為可惜。而且加工利用所需的相關資訊也非常有限，急需建立基本物性資料以利推廣。

山藥在採收加工過程中，因去皮受傷及加熱處理均會導致塊莖褐變，使產品顏色變深，影響商品價值，甚至無法食用。山藥零餘子的成份與山藥塊莖相近，自然也有類似的問題。山藥褐變反應主要可區分為酵素性及非酵素性兩種，酵素性褐變與過氧化酵素 (peroxidase) 及多酚氧化酵素 (polyphenoloxidase) 的活性有關(Anosike and Ikediobi, 1985)。非酵素性褐變主要是由單寧或維生素 C 的氧化、焦糖化作用或醛酚類化合物而產生(林與盧, 2001)。

羅與馮(2004)針對花蓮 3 號山藥零餘子的形狀與尺寸進行分析，結果顯示其為圓形或橢圓形，大粒的山藥零餘子為橢圓形，長徑為 11 ~ 20 mm，短徑平均為 10.21mm。平均每粒重量為 1.17 g。小粒的山藥零餘子為圓形，平均直徑為 8.25 mm。平均每粒重量為 0.59 g。大小略與花生粒相似。以加工便利性及產品的特殊性的觀點，花蓮 3 號山藥零餘子應以”不脫皮”的方式做為加工原材料。但是，帶皮的原料會具有皮層所引起的特殊的風味問題。

本研究針對上述的問題，探討花蓮 3 號山藥零餘子在不同加工製程條件下，山藥零餘子產品顏色控制與風味調整的方法，並利用玻璃瓶、殺菌袋及真空調理袋等包裝方式，探討熱加工對零餘子產品品質的影響。

材料與方法

一、材料

山藥零餘子：品種為「花蓮 3 號」屬 *Dioscorea batatas* 種，由本場作物改良課提供。產期為 2002/2003 年 9 月。產地為宜蘭縣。

豬大骨、小里肌肉、芹菜、洋蔥、月桂葉、青蔥、蔘鬚、當歸等由零售市場購得。

包裝材料：由台中市三櫻企業公司提供，基本資料如表一所示。

藥品：分析藥品均為試藥一級，採購自默克(Merck)公司(Germany)及宜蘭縣柯化公司。

表一、殺菌軟袋及真空調理水煮軟袋之基本結構

Table 1 types of pouch used in this study

	Sous-vide pouch	Retort pouch
Structure	Nylon/LLDPE	PET/Al-foil/ CPP
Outer size	20.0cm × 12.0cm	18.0cm × 13.0cm
Inner size	17.0cm × 11.5cm	14.0cm × 12.0cm
Capacity	285 g	285 g

二、樣品製備方法

1. 玻璃瓶裝水煮山藥零餘子

將山藥零餘子洗淨，經 85~90℃ 熱水殺菁，樣品滴乾後，充填到玻璃瓶固形量約

110±2g，再充填 1.5%鹽水，加蓋假封，置入脫氣箱，以 105℃蒸氣脫氣，蒸煮至瓶中心溫度 75~85℃之間，取出封瓶，以釜溫 121℃飽和蒸氣，殺菌 20 分鐘。殺菌冷卻後擦乾殘留水滴，置於室溫中儲放。部份樣品以 37℃保溫儲藏 4 週，測試殺菌安全性。

2. 殺菌軟袋裝湯煮山藥零餘子(林永泰等，1981)

山藥零餘子(約 30±2g)、小里肌肉片(約 40±5g)經熱水殺菁、與其他配料(蔘鬚、當歸約 1g)充填到軟袋，添加適量高湯(約 215±5g，以豬大骨、芹菜、洋蔥、月桂葉、青蔥熬製)。擠壓排氣後封口，並檢查封口狀況。依據殺菌軟袋空氣與飽和蒸氣混合殺菌方法，(林等 1981)。以釜溫 121℃及釜壓 1.5kg，殺菌 20 分鐘。殺菌冷卻後擦乾殘留水滴，置於室溫中儲放。部份樣品以 37℃保溫儲藏 4 週，測試殺菌安全性。

3. 真空調理袋裝湯煮山藥零餘子(郭等，1994)

山藥零餘子、小里肌肉片經熱水殺菁、與其他配料充填到軟袋，添加適量高湯。擠壓排氣後封口，並檢查封口狀況。將包裝產品置於 72℃熱水中加熱 120 分鐘。冷卻後擦乾殘留水滴，迅速置於-20℃冷凍庫儲放。

三、分析方法

1. 一般成分分析

水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纖維、灰份，採用 AACC (1995) 方法測定。

2. 多酚氧化酶活性之測定

採用 Ikediobi 等(1989)方法測定。以 pyrocatechol 為基質，測定 390nm 吸光度的變化。

3. 褐變程度之測定

以色差儀(Hunter colorimeter, Hunter Lab. Co. USA) 測定樣品的 L.a.b 值。每個樣品皆測四次，求其平均值表示之。並由 L、a、b 值計算白色度(White Index; W.I.)。白色度的計算公式如下：

$$W.I. = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

4. 固形量

將包裝容器內之內容物的汁液滴乾，再將固形物秤重，得之固形量。(CNS 975)

5. 沉澱物重

將包裝容器內之汁液倒入 100ml 量筒中，使其沉澱物沉澱 60 分鐘後，並觀察沉澱物之 ml 數。

6. 零餘子破碎率

將包裝容器內之內容物的汁液滴乾，再將山藥零餘子取出，並計算其破碎數。

$$\text{零餘子破碎率(\%)} = (\text{破碎零餘子數} / \text{總零餘子數}) \times 100\%$$

7. 濁度

將包裝容器內之汁液倒入 100ml 量筒中，混合均勻後取樣，使用分光光度計波長 600nm 測定其樣品吸光值。

8. 感官品評

本研究的感官品評試驗可分為兩種。針對添加中藥材之山藥零餘子的湯汁風味採用三角試驗法(triangle test)(彭與王, 1991), 由品評員在三個樣品中分辨那兩個樣品為相同的, 並針對兩組不同的樣品給與九分制的喜好性評分。所有參與人員為隨機由宜蘭大學食品科學系師生所組成之未受訓練的品評員。針對不同熱加工處理之花蓮 3 號山藥零餘子產品的品質分析。則由未受訓練的 50 位宜蘭大學食品科學系師生組成之品評員, 對不同處理之樣品之外觀、零餘子質地、肉片質地、湯汁風味及整體品質, 採用九分制的消費者喜好性評分(彭與王, 1991)。

9. 統計分析

採用 Microsoft Excel 軟體, 進行統計分析。

結果與討論

一、花蓮 3 號山藥零餘子之物化性質

為建立「花蓮 3 號」山藥零餘子之基本物化性質資料, 本研究進行「花蓮 3 號」山藥零餘子一般成分分析, 又為瞭解零餘子與山藥的差異, 引用文獻中相同品種山藥之一般成分分析值列入作為比較。表二結果顯示: 花蓮 3 號山藥零餘子之水份低於同品種山藥塊莖, 可能的原因是零餘子的收穫時期是在秋末, 收穫前均經過自然乾燥, 導致含水量較低。但其平均值仍在 *D. alata* L. 品種山藥塊莖含水量的最小與最大值範圍之內(61%~71%)。此外, 花蓮 3 號山藥零餘子之碳水化合物較一般山藥塊莖為高, 其原因可能為分析時零餘子是帶皮分析, 皮的成份與比率之影響使數值偏高。花蓮 3 號山藥零餘子之粗脂肪的含量高於山藥塊莖。花蓮 3 號山藥零餘子之蛋白質含量雖與壽豐原生種(*D. batatas*)之山藥塊莖有較大差異, 但與其他山藥塊莖則較為接近。綜合而言, 山藥零餘子之一般成分與同品種山藥塊莖有顯著性的差異, 其原因可能為與零餘子的皮的分析有關。由於本研究為一期作物的試驗結果, 僅做為初步的參考資料, 詳細的山藥零餘子之成分、營養價值與有效成分仍有待進一步探討。

表二、山藥零餘子之一般成分*

Table 2. The proximate compositions of yam and yam bulbils

Variety	Part	Water content (%)	Protein	Fat	Carbohydrate, total (incl. fiber)	Fiber	Ash
					% dry basis		
Hualien No. 3 (<i>D. batatas</i>)	Bulbil	63.46	8.78	0.60	87.38	2.85	3.23
<i>D. batatas</i> **	Tuber	72.98	16.36	0.49	78.43	5.07	4.72
<i>D. alata</i> L **	Tuber	61~71	9.31~11.74	0.24~0.32	82.64~87.61	2.56~3.98	2.27~3.93

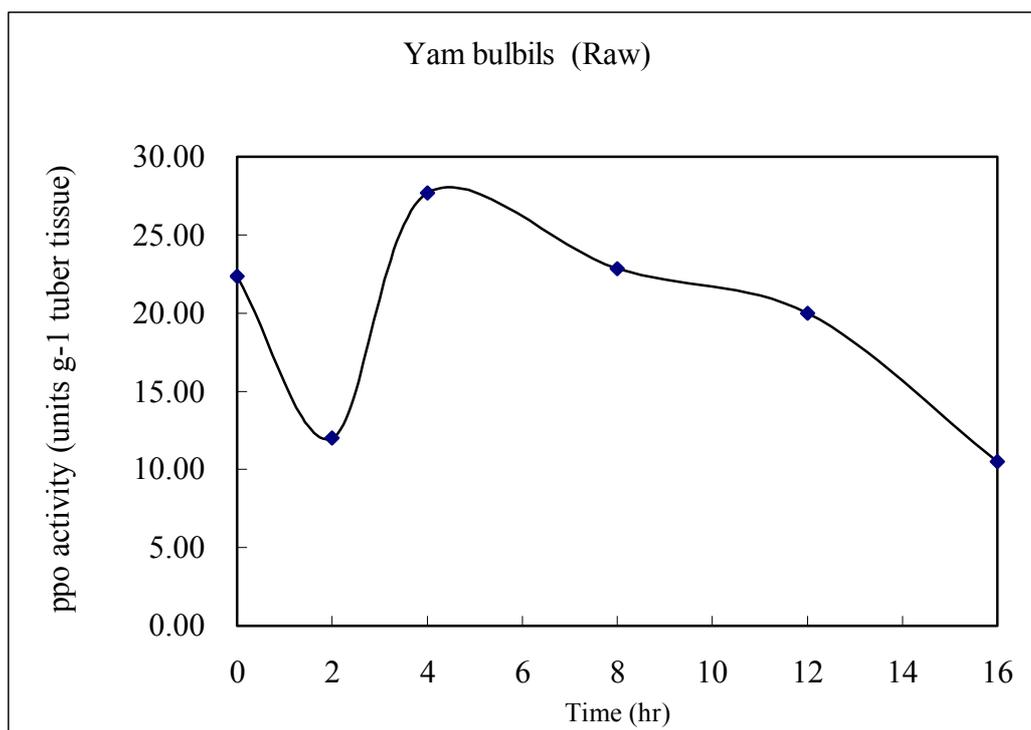
* 單位為: g/100gDB

** from 林與盧, 2001

二、殺菁方法與條件對山藥零餘子顏色的影響

山藥零餘子的成分與山藥塊莖相近，去皮受傷及加熱處理均會導致零餘子的褐變，使產品顏色變深，影響商品價值，甚至無法食用。由於本研究山藥零餘子的加工並未脫去外皮，因此與氧化有關的非酵素性褐變暫不考慮。而將研究著重探討抑制多酚氧化酵素產生之酵素性褐變。首先探討新鮮山藥零餘子打碎後，多酚氧化酵素活性的變化。結果顯示：山藥零餘子的多酚氧化酵素活性(圖一)，隨時間增加有先增加而後下降的趨勢。此結果與文獻記載之新鮮山藥塊莖受傷或加工之多酚氧化酵素活性的變化相似(Ikediobi et al,1989；曾等, 1994；林與盧, 2001)。

為瞭解不同殺菁方法與條件對山藥零餘子褐變的影響，以多酚氧化酵素活性及山藥零餘子顏色為指標，探討熱鹽水殺菁與微波殺菁的效果。結果顯示(表三)：以 85°C 熱鹽水殺菁，或微波殺菁(負荷 700w/100g 樣品)，在 60 秒時，PPO 已顯著下降。由白色度(White Index, W.I.)變化可知熱水殺菁與微波殺菁使零餘子顏色變得略深，但影響並不顯著。熱水殺菁零餘子的白色度略高於微波殺菁，可能與殺菁時零餘子與氧氣接觸的機會有關。綜合上述，殺菁確可穩定山藥零餘子的顏色不再變深。又以白色度來比較，山藥零餘子的顏色比文獻中塊莖的顏色為深，其原因可能是零餘子是帶皮測試，受皮顏色的影響，所以數值較文獻為低(林與盧, 2001)。



圖一、花蓮 3 號山藥零餘子於 16 小時期間多酚氧化酵素活性的變化

Fig 1. Change in polyphenoloxidase (PPO) activity during incubation of yam bulbil within 16 hr.

表三、殺菁對山藥零餘子之多酚氧化酵素活性及顏色之影響

Table 3. The effect of blanching treatment on PPO activity and color of yam bulbils

Attribute	Control*	Hot brine blanching (85°C, 60s)	Microwave blanching (7w/g, 60s)
-----------	----------	---------------------------------	---------------------------------

PPO**	23.67±4.53	0.75±0.57	1.25±0.42
L	42.19±0.15	38.59±0.09	34.18±0.04
a	6.65±0.03	4.13±0.08	4.53±0.09
b	19.33±0.10	15.17±0.05	14.43±0.05
W.I.	38.68±0.17	36.61±0.09	32.46±0.04

* Means±standard deviation(n=4)

** Polyphenol oxidase (PPO) activity: unit g⁻¹ tissue x 0.1

三、添加中藥材對山藥零餘子湯汁風味之影響

本研究基於花蓮 3 號山藥零餘子大量生產的可行性及產品的特殊性，建議以不脫皮的零餘子為加工原材料。由於，產品是以帶皮的形式加入，因此，山藥零餘子產品具有特殊的風味。在預備試驗的風味描述分析中，以”土味”與”人蔘味”較具有共識。再者，為瞭解花蓮 3 號山藥零餘子是否適合藥膳產品的開發。探討使用少量”蔘鬚”和”當歸”添加於山藥零餘子的湯汁中，利用比較差異性的感官品評方法 - 三角試驗(Triangel Test)，探討添加中藥材對山藥零餘子湯汁風味之影響。

結果顯示，零餘子的湯汁中添加蔘鬚的與原味的，在 40 位品評員中有 22 位無法分辨兩者的差異。且消費者喜好性評分也沒有顯著性的差異。這項結果顯示山藥零餘子的湯汁風味具有接近人蔘的風味。相同的試驗運用於零餘子的湯汁中添加當歸的與未添加的，兩者的風味具有顯著性差異，在 50 位品評員中有 31 位可以正確的分辨兩者的差異。且消費者喜好性評分也有顯著性的差異。可能是受傳統藥膳風味的影響，零餘子的湯汁中添加當歸的湯頭較受歡迎。若比較在零餘子的湯汁中添加蔘鬚的與當歸的風味差異，其結果與單獨添加當歸的相同。故未來產品開發，於新產品中添加中藥材對山藥零餘子湯汁風味具有提昇的效果。

表四、以三角試驗分析添加中藥材對山藥零餘子湯汁風味影響之結果

Table. 4. Results of triangle test on soup adding Chinese herb to products with yam bulbils

Treatment comparison	No. of judgments	No. of correct judgments	No. of correct judgments necessary to establish significances(P=0.05)
BO* vs. HZ*	40	18	20
BO vs. AS*	50	31	24
AS vs. HZ	46	33	22

*BO : Soup with yam bulbils only

HZ : soup with yam bulbils adding hairy root of ginseng and radix angelicae sinensis(RAS)

AS : soup with yam bulbils adding radix angelicae sinensis

表五、以喜好性品評試驗分析添加中藥材對山藥零餘子湯汁風味影響之結果

Table. 5 Results of triangle test on soup adding Chinese herb to products with yam bulbils

Treatment comparison	No. of judgments	No. of correct Judgments preference	Hedonic scale comparison
BO vs. HZ	40	9 / 8 ¹	6.28 ^a / 5.94 ^a
BO vs. AS	50	8 / 20 ²	5.16 ^a / 6.03 ^b

AS vs. HZ	46	21 / 12	6.39 ^a / 5.58 ^b
-----------	----	---------	---------------------------------------

- * 1. There is one panelist gave the same scale for both product
- * 2. There are two panelists gave the same scale for both product
- * Hedonic scale comparisons containing the same letter are not significantly different ($\alpha=0.05$) from each other.
- *The definitions of BO, HZ, and AS are the same as table 4.

四、不同熱加工製程條件對花蓮 3 號山藥零餘子產品品質的影響

傳統山藥的利用以煮湯為主要方式，有關花蓮 3 號山藥零餘子的加工運用也以水煮(鹽水或湯)的產品為主。為探討熱加工製程條件對山藥零餘子品質的影響，設計三種不同熱加工製程：玻璃瓶裝水煮山藥零餘子、殺菌軟袋裝湯煮山藥零餘子、及真空調理袋裝湯煮山藥零餘子。

(一)、蒸氣殺菌製程對山藥零餘子品質之影響

為瞭解高壓高溫飽和蒸氣殺菌製程對山藥零餘子品質之影響，將熱水殺菁的山藥零餘子充填包裝於玻璃瓶，並添加定濃度(1.5%)的鹽水。假封後，經 90°C 蒸氣脫氣，使瓶中心溫度達 80°C 以上，排除瓶內殘留空氣，再密封瓶蓋。並利用殺菌釜以 121°C 高壓高溫蒸氣，殺菌 20 分鐘，加壓冷卻後，製成可常溫保存的鹽水山藥零餘子產品。

為瞭解殺菌是否完全，將製成的玻璃瓶裝水煮山藥零餘子，取樣貯存於 37°C 之恆溫箱，保溫兩週，以開罐檢查觀察品質。結果顯示所有的樣品均未發生膨罐腐敗的現象。證明以微生物的觀點而言，殺菌已完全。又開罐檢查產品，測定顆粒破損率及沉澱物容量。結果如表 5：產品之顆粒破損率平均為 5.45%，沉澱物容積平均為 12mL(約 5%)。就產品之顆粒破損率及沉澱物容積而言，山藥零餘子可以承受高壓高溫飽和蒸氣殺菌製程。

表五、瓶裝山藥零餘子之品質分析

Table 5. Quality evaluation of canned Chinese yam bulbils *

1.5%Salt	Solid (g/can)	Liquid (g/can)	Total (g/can)	Bulbils (#/can)	ppt (ml)	Broken (%)
Average	129.73	96.67	226.40	85	11.67	5.45
Std Dev.	2.61	3.42	4.70	2	2.08	2.38

* Average of 12 can

(二)、殺菌軟袋裝製程與真空調理袋製程對湯煮調理山藥零餘子品質之比較

為比較不同熱加工製程對調理山藥零餘子品質之影響，將高湯、山藥零餘子、小里肌肉片及蔘鬚或當歸，依定量比例分別充填於殺菌軟袋與真空調理袋。經擠壓排除袋內空氣及熱封袋後。殺菌軟袋裝產品利用殺菌釜以 121°C 高壓高溫蒸氣，殺菌 20 分鐘製成可常溫保存的產品。殺菌完成的殺菌軟袋裝湯煮山藥零餘子，取樣貯存於 37 °C 之恆溫箱，保溫兩週，以開袋檢查觀察品質。結果顯示所有的樣品均未發生膨罐腐敗的現象。證明以微生物的觀點而言，殺菌已完全。真空調理產品之包裝袋為”水煮軟袋(boiling bag)”，產品經排氣及熱封袋後，

則利用 72°C 熱水水煮 120 分鐘，然後迅速冷卻，並於冷凍庫凍結，製成 -18°C 凍藏保存的山藥零餘子產品。

兩種產品經開袋檢查，測定顆粒破損率及湯汁混濁度。結果如表六，殺菌軟袋裝零餘子的破碎率高於真空調理袋裝。其原因可能是殺菌軟袋的殺菌過程需配合空氣加壓殺菌與冷卻，造成較大的壓力差異導致高比率的破碎率。若能適當調整殺菌條件應可得到較低的破碎率之產品。由於高破碎率也導致湯汁的混濁度較高。真空調理加工之袋裝產品因為受熱較緩和，也無需經過加壓殺菌與冷卻等劇烈製程，所以破碎率及湯汁的混濁度均較佳。

表六、軟袋裝山藥零餘子之品質分析

Table 6. Quality evaluation of pouch packaged Chinese yam bulbils*

Items	Solid (g/pk)	Liquid (g/pk)	Total (g/pk)	Broken (%)	Turbidity (OD)
Retort pouch	34.75	212.3	247.1	39.0	0.9
Sous-vide	35.95	212.8	248.8	4.5	0.2

* Average of 3 packages

為瞭解不同熱加工處理製程對花蓮 3 號山藥零餘子產品的感官品質的影響。將兩種產品由未受訓練的 50 位品評員，對樣品之外觀、零餘子質地、肉片質地、湯汁風味及整體品質，進行消費者喜好性感官品評試驗。結果如表七：以外觀而言，真空調理袋裝優於殺菌軟袋裝的產品，可能原因為製程使殺菌軟袋產品的湯汁混濁不清所造成。但兩者的風味相似，山藥零餘子的質地相近。僅小里肌肉片質地受加熱處理程度不同，造成顯著性的差異外，兩者整體的接受度並無顯著性的差異。

表七、軟袋裝山藥零餘子之感官品評喜好性分析

Table 7 Sensory evaluation, preference test of pouch packaged Chinese yam bulbils¹

	Appearance	Texture of bulbils	Texture of meat	Taste	Overall preference ²
Retort pouch	5.4 ^{a3}	6.1 ^a	5.5 ^a	5.9 ^a	5.8 ^a
Sous-vide	6.3 ^b	6.0 ^a	6.1 ^b	6.0 ^a	5.9 ^a

1. Total number of panelist = 50

2. Nine point hedonic scale (1=dislike extremely, 9=Like extremely)

3. Values in the same letter are not significantly different (P>0.05)

參考文獻

1. 中國國家標準 1996 食品罐頭檢驗法—填充汁之測定 中國國家標準 975-N6019.
2. 李明軍、張嘉寶、張海波 2000 懷山藥零餘子癒傷組織誘導及植株再生的研究 西北植物學報 20(5)：772-777.

3. 那琦、甘偉松、楊榮季 1979 台灣產藥材之生醫學研究(IV)台灣產零餘子之生醫學研究 中國醫藥學研究叢刊 8 : 18-63.
4. 林永泰、馮臨惠、李潔和、洪振文 1981 殺菌塑膠袋應用於加熱食品之研究 食品工業發展研究所研究報告第 206 號 食品工業發展研究所，新竹市，中華民國.
5. 林意清、盧訓 2001 抑制山藥塊莖去皮及熱風乾燥時褐變發生之研究 中華農學會報 2(3) : 267-276.
6. 郭煌林、蔡政芳、張炳揚 1994 真空調理技術在中式調理食品之研究 食品工業發展研究所研究報告第 750 號，食品工業發展研究所，新竹市，中華民國.
7. 彭秋妹、王家仁 1991 食品官能檢查手冊，食品工業發展研究所，新竹市，中華民國.
8. 曾慶瀛、余哲仁、劉新裕 1994 粉末山藥之製備及儲藏期間品質變化之研究 中華生質能源學會會誌 13 : 92-101.
9. 羅李烟、馮臨惠 2004 山藥零餘子加工與保存性質之探討 國際藥用植物產業發展研討會彙編 p.100-109.
10. AACC (1995)
11. Hikino, H., Konno, C., Takahashi, M., Kato, Y., 1986. Isolation and hypoglycemic activity of discorans A, B, C, D, E, and F; Glycans of *Dioscorea japonica* rhizosphers. *Planta Medica* 52:168-171.
12. Ikediobi, C. O., R. L., Chelvarajam and A. I. Ukoha, 1989. Biochemical aspects of wound healing in yams (*Dioscorea* spp.) *J. Sci. Food Agric.*, 48:131-139.
13. Kim, S.K., Lee, S.C., Lee, B.H., Choi, H.J., Kim, K.U. and Lee, I.J., 2003. Bulbil formation and yield responses of Chinese yam to application of gibberellic acid, mepiquat chloride and trinexapac-ethyl. *J. Agronomy & Crop Science* 189:255-260.
14. Okagami, N. and Nagao, M. 1971. Gibberellin-induced dormancy in bulbils of *Dioscorea*. *Planta (Berl.)* 101:91-94.
15. Omidiji, O. and J. Okpuzor. 1996. Time course of ppo-related browning of yam. *J. Sci Food Agric* 70:190-196.