

芋頭麻刺感與蛋白質區分之相關性研究¹

蔡淑珍^{2,4} 劉慧瑛² 黃祥益³

摘 要

蔡淑珍、劉慧瑛、黃祥益。2006。芋頭蛋白質區分與其麻刺感相關性之研究。臺灣農業研究 55:63-72。

生鮮芋頭具麻刺感 (Acridity)，經適當的烹煮或加工，可去除麻刺感。蛋白質乃熱敏感化學物質，因此，芋頭麻刺感和其蛋白質間之相關性值得探討。本試驗即探討芋頭水溶性、熱水溶性、鹽溶性、鹼溶性和醇溶性等不同蛋白質區分 (Protein fractions) 和其麻刺感的關係。結果發現不同芋頭品系間生鮮樣本的麻刺感強度差異顯著。麻刺感較強的芋頭品系，具較高含量的不溶性草酸和較低的蛋白質區分含量。不同芋頭品系生鮮樣本的麻刺感和不溶性草酸含量有明顯正相關性 ($r = 0.90, p < 0.05$)，推測芋頭不溶性草酸是引起麻刺感的主因。生芋麻刺感和蛋白質區分 (包括水溶性、熱水溶性、鹼溶性和醇溶性蛋白質) 有明顯負相關性 ($r = -0.89 \sim -0.99, p < 0.05$)。蒸煮作用使芋頭的麻刺感明顯降低，水溶性蛋白質和總蛋白質含量明顯減少；但對不溶性草酸鹽的含量變化影響不大。由本試驗推測不溶性草酸不是影響芋頭麻刺感的唯一因子，蛋白質也是影響麻刺感強弱的重要因子，芋頭蛋白質的遇熱變化可能是造成芋頭蒸煮後麻刺感大幅減低的原因。

關鍵詞：芋頭、麻刺感、不溶性草酸、蛋白質區分。

前 言

芋 (*Colocasia esculenta*)，屬天南星科 (Araceae)。生鮮芋頭具麻刺感 (Acridity)，即削皮時皮膚刺癢，生食時會所引起唇、口及喉嚨的疼痛腫脹 (Bradbury & Nixon 1998)。若予適當溫度及時間的烹煮或烘焙，將可去除麻刺感；但烹煮或加工處理不當時，其加工產品於食用時仍會引起皮膚或喉嚨的刺癢。Chen *et al.* (1999) 發現利用真空油炸 (溫度 110-120°C) 並不能完全去除油炸芋頭片中的麻刺感，但先經水煮 1 至 3 min 的油炸芋頭片，其草酸鹽類含量及麻刺感均明顯降低。一般芋頭球莖或葉中不溶性草酸鹽 (草酸鈣) 所形成的晶體被認為是引起麻刺感的主要原因；其針晶狀外形可穿刺皮膚，造成皮膚刺癢的感覺。草酸鈣晶體含量隨芋植株及球根的發育而有變化，且在芋球根或葉片上的分布也不均勻 (Sunell & Healey 1979, 1985)。Sunell & Healey (1979) 推測雖然芋頭麻刺感的強度大抵和草酸鈣晶體的數目密度呈正相關，但仍受其他未知物質因素的影響。相反地，Hollyoway *et al.* (1989) 和 Bradbury & Nixon (1998) 卻認為草酸鈣含量和芋麻刺感並無相關性，因為部份品種的芋頭球莖雖含多量的草酸鈣針晶 (raphides)，卻不會或只輕微引起皮膚刺癢。更進一步發現純化的草酸鈣針晶經水煮或浸於不同溶劑，其針晶體形狀不變但對麻刺感作用的保持卻變異很大。這些學者同時也發現在針晶上有少量的蛋白質酵素類的刺激物質存在。生鮮芋

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2252 號。接受日期：95 年 3 月 31 日。

2. 本所農化組助理研究員及研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。

3. 高雄區農業改良場旗南分場。臺灣 高雄縣 旗山鄉。

4. 通訊作者，電子郵件：sjtsai@wufeng.tari.gov；傳真機：(04)23302805。

頭經適當的烹煮或加工，可去除麻刺感，是否與蛋白質為熱敏感化學物質有關係。換言之，芋頭麻刺感和其蛋白質間之相關性值得探討。目前芋麻刺感影響因子的研究多侷限於草酸鈣，關於蛋白質之研究則闕如。本試驗即探討芋頭不同蛋白質區分 (protein fractions) 和麻刺感間之相關性。

材料與方法

原料來源和樣本前處理

由高雄區農業改良場旗南分場提供 5 個麻刺感強度不同的芋頭品系，包括 KCC23、KCC26、KCC34、KCC122 和 KCC123 等品系。將不同品系的生鮮芋頭（生芋）去皮打漿，與去皮後蒸煮 30 min（熟芋）再打漿後備用，以進行麻刺感感官測定，並分別分析可溶性及不可溶性草酸、蛋白質區分和總酚含量。

麻刺感 (Acridity) 之感官測定

參考 Saha & Hussain (1983) 和 Bradbury & Nixon (1998) 方法進行芋頭麻刺感的皮膚感官測定。參試人員 4 人，將芋頭打漿樣本以棉花棒沾取並塗抹於前臂內側約 2 cm × 3 cm 的面積區塊。若 30 sec 內立即有強烈麻刺感，且麻刺感愈來愈強者，則記錄為“強”。若 30-60 sec 才開始有明顯的麻刺感，則記錄為“中”。若於 1-2 min 僅有輕微的麻刺感，則記錄為“弱”。若 2 min 後仍無麻刺感則記錄為“無”。感官測試強、中、弱和無分別給分數 3、2、1 和 0 分，以進行統計相關性分析。

可溶性草酸及不可溶性草酸含量分析

參考 Libert & Franceschi (1987) 方法萃取可溶性草酸 (soluble oxalate) 和不可溶性草酸 (insoluble oxalate)，並以不可溶性草酸含量代表草酸鈣（為不溶性草酸鹽）。取 1 mL 打漿樣本加入 2.8 mL 95% ethanol 成 70% 溶液，隔水加熱迴流 30 min，冷卻後以 7500 g 離心，分離上層液和沈澱。沈澱部分再加 2 mL 70% ethanol，以同樣條件進行第二次加熱迴流萃取、冷卻和離心，合併二次萃取的上層液。分析此上層液的草酸鈣含量，是為可溶性草酸含量。將上述所得沈澱加入 5 mL 0.75 N HCl 處理後，分析上層試液的草酸含量，是為不可溶性草酸含量。

草酸含量分析乃參考 Holloway *et al.* (1989) 的方法利用 HPLC 分析。將上述含有可溶性或不可溶性草酸的試液以 0.45 μ m 薄膜過濾，以高效液相層析儀 (HPLC, Hitachi L-6000 pump/L-4000 UV detector) 定量分析草酸含量。高效液相層析儀分析條件：分離管柱為 BIO-RAD Aminex-HPX 87H，溫度 40°C，UV 波長 210 nm，流動相 5 mM H₂SO₄，流速 0.6 mL/min。

蛋白質區分 (Protein fractionation)

修正 Cheng & Chang (1995) 所參考的 Osborne 蛋白質區分方法，主要是依據蛋白質在不同溶液的不同溶解度，依序以不同常溫水、熱水、10% NaCl、0.01N NaOH 和 70% 酒精等不同溶液進行蛋白質萃取區分。取 2.5 g 芋頭打漿樣品，以常溫水萃取離心 (10000 rpm, Damon IEC B-20A, USA) 後分別收集上層液和沈澱，上層萃取液將進行分析。離心所得沈澱再經熱水（隔水加熱迴流）萃取離心後，亦分別收上層液和沈澱。所得沈澱再依序 10% NaCl、0.01 N NaOH 和 70% 酒精等不同溶液，以同樣萃取離心方式萃集萃取液。依序以上述 5 種不同溶液萃取分別取得之萃取液，依 Liu *et al.* (1988) 所修飾之 Lowry *et al.* (1951) 方法之分析其蛋白質含量。依上述不同溶液萃取之蛋白質區分 (protein fractions) 依序分別為水溶性 (water-soluble)、熱水溶性 (hot water-soluble)、鹽溶性 (salt-soluble)、鹼溶性 (alkali-soluble) 和醇溶性 (alcohol-soluble) 等蛋白質。

酚類區分 (Phenolic fractionation)

參照蛋白質區分方法，依上述不同溶液萃取濾液分別進行總酚含量測定 (Liu *et al.* 1988)。將 1.2 mL 萃取液先加入 0.3 mL 3 M TCA (trichloroacetic acid) 以沉澱可能存在蛋白質，再取上澄液以 Folin-Ciocalteu 方法分析 (Singleton & Rssi 1965)，以沒食子酸 (gallic acid) 作為標準檢量線，含量以 mg/100g GAE (gallic acid equivalents) 表示。依上述不同溶液萃取之酚類區分依序分別為水溶性 (water-soluble)、熱水溶性 (hot water-soluble)、鹽溶性 (salt-soluble)、鹼溶性 (alkali-soluble) 和醇溶性 (alcohol-soluble) 等酚類。

統計分析

依試驗數據資料計算各成分含量 (三重覆) 之平均值 (mean) 和平均值標準差 (standard error)。各成分和芋頭麻刺感之相關性乃依 Pearson simple correlation 計算其相關係數 (Coefficient of correlation)，若 $p < 0.05$ 表兩者之間有顯著相關性。

結 果

不同芋頭品系的草酸含量和麻刺感相關性

不同芋頭品系生芋的麻刺感強度差異很大 (表 1)：品系 KCC34 和 KCC123 有最強的麻刺感指數，在 15 sec 即有強烈的麻刺感反應；次為品系 KCC23 和 KCC26；而 KCC122 有最低麻刺感指數，經 2 min 只有輕微的麻刺感。經蒸煮後各芋頭品系麻刺感均明顯降低或喪失：品系 KCC34 和 KCC123 在蒸煮後仍具有明顯的麻刺感；品系 KCC26 有輕微麻刺感；但品系 KCC23 和 KCC122 於蒸煮完全喪失麻刺感。

除品系 KCC26 外，芋頭草酸主要以不可溶性草酸形式存在 (表 1)。具強烈麻刺感的品系 KCC34 和 KCC123，不可溶性草酸含量為 1.06% 和 0.99%；而麻刺感較弱的品系如 KCC26 和 KCC122，生芋不溶性草酸含量分別為 0.25% 和 0.32%，遠低於其他品系。雖然芋頭經蒸煮後造成麻刺感明顯降低或喪失，但不可溶性草酸含量變化並不顯著。

進一步探討草酸對芋頭麻刺感的影響，分析芋頭的可溶性、不可溶性和總草酸含量與麻刺感相關性，其相關係數如表 4。結果顯示生芋的不溶性草酸含量和麻刺感有顯著正相關性 ($r = 0.90, p < 0.05$)，表示芋頭品系生芋不溶性草酸含量愈高，麻刺感愈強烈。生芋總草酸含量和麻刺感也有顯著正相關性，而可溶性草酸與麻刺感則無顯著相關性。但熟芋之可溶性草酸、不可溶性草酸和總草酸含量與麻刺感均無顯著相關性。

不同芋頭品系的蛋白質區分和麻刺感相關性

芋頭的蛋白質區分乃經水、熱水、HCl、NaCl 和酒精萃取所得之水溶性、熱水溶性、鹽溶性、鹼溶性和醇溶性蛋白質。不同芋頭的各蛋白質區分含量結果如表 2 所示，生芋的蛋白質區分含量中主要為水溶性蛋白質，次為熱水溶性蛋白質。水溶性蛋白質以品系 KCC122 含量 1.27% 最高，而 KCC34 0.203% 和 KCC123 0.303% 最低，品系間含量差異大。熟芋的水溶性蛋白質和總蛋白質含量明顯降低，尤其以蛋白質含量最高的品系 KCC122 減少最為明顯。品系 KCC122 於蒸煮後鹼溶性和醇溶性蛋白質含量增加，推測因部分水溶性蛋白質經加熱變性轉變而來。具有強烈麻刺感的品系 KCC34 和 KCC123，除鹽溶性蛋白質外，其他蛋白質區分含量均較其他品系為低。

進一步分析芋頭蛋白質區分和麻刺感相關性 (表 4)，結果顯示除鹽溶性蛋白質外，生芋的麻刺感和其他蛋白質區分 (水溶性、熱水溶性、鹼溶性和醇溶性) 均有顯著負相關性 (相關係數 -0.89

~ -0.99)。但熟芋的麻刺感和各蛋白質區間的負相關性明顯降低，其中和熱水溶性蛋白質的負相關性最大 ($r = -0.83, 0.05 < p < 0.01$)。就生芋和熟芋總體分析，各蛋白質區分和麻刺感的相關性並不顯著。

不同芋頭品系的酚類區分和麻刺感相關性

不同芋頭品系經水、熱水、NaCl、NaOH 和酒精萃取分析之水溶性、熱水溶性、鹽溶性、鹼溶性和醇溶性酚類含量如表 3 所示。生芋的酚類亦以水溶性酚類為主要酚類，次為熱水溶性酚類。水溶性酚類含量以 KCC123 品系 40.53 % 最高，以 KCC34 品系 24.93% 最低。相對於生芋，熟芋的水溶性酚類略為降低，但鹼溶性酚類含量則提高。

分析芋頭各酚類含量和麻刺感相關性顯示 (表 4)，生芋的醇溶性酚類和麻刺感有明顯負相關性 ($r = -0.97, p < 0.05$)，其他酚類含量則和麻刺感無相關性。就生芋和熟芋總體分析顯示芋頭鹼溶性酚類和麻刺感有顯著負相關性。

表1. 生鮮和蒸煮芋頭之麻刺感和草酸含量

Table 1. Acridity and oxalate contents of raw and steamed taro

Cultivar	Acridity ^z	Oxalate (g/100 g, wet basis) ^y		
		Soluble	Insoluble	Total
Raw				
KCC23	2.5	0.12±0.00	1.00±0.03	1.12±0.03
KCC26	2.0	0.64±0.04	0.32±0.01	0.96±0.04
KCC34	3.0	0±0	1.06±0.02	1.07±0.02
KCC122	1.0	0.19±0.03	0.25±0.01	0.44±0.02
KCC123	3.0	0.12±0.03	0.99±0.04	1.11±0.01
Steamed				
KCC23	0	0.28±0.06	1.01±0.01	1.30±0.06
KCC26	0.5	0.79±0.12	0.37±0.05	1.15±0.14
KCC34	1.5	0.04±0.01	0.97±0.00	1.00±0.01
KCC122	0	0.33±0.01	0.26±0.01	0.59±0.00
KCC123	1	0.06±0.02	0.92±0.02	0.98±0.02

^z Acridity was evaluated by skin sensory test and scored 0-3: 0=no acridity after 2 minutes; 1= slight acridity occurred within 1-2 minutes (weak); 2=significant acridity occurred within 30-60 seconds (moderate); and 3=burning acridity occurred immediately within 30 seconds (strong).

^y Value = mean ± standard error (n=3).

討 論

芋頭生鮮原料觸及皮膚會造成刺癢，一般認為是芋頭內的不溶性草酸鹽（草酸鈣）所引起。本試驗結果顯示不同品系生芋的麻刺感強度差異很大，同時證實生芋的不溶性草酸含量和麻刺感有顯

著正相關性 ($r = 0.90, p < 0.05$)，亦即不溶性草酸含量愈高，麻刺感愈強烈。Sunell & Healey (1979) 亦發現芋頭麻刺感的強度和草酸鈣晶體數目密度大抵呈正相關。本試驗結果亦證實生芋麻刺感和不溶性草酸的正相關性，推測不溶性草酸是引起生芋麻刺感的重要因子。

芋頭生鮮原料雖會引起麻刺感，但經適當的烹煮等加工處理可去除麻刺感。在本試驗中同樣發現所有芋頭品系經蒸煮後，其麻刺感明顯降低；大抵而言，生鮮樣品麻刺感較強的品系於蒸煮後仍具有較強的麻刺感。但品系 KCC23 於生鮮時有明顯麻刺感，蒸煮後卻喪失其麻刺感。由此可知，因烹煮造成芋頭麻刺感減低的幅度並非全然一致。試驗結果亦發現芋頭經蒸煮後，麻刺感雖明顯降低，不溶性草酸含量卻變化不大，同時兩者的負相關性亦消失。Moy *et al.* (1979) 同樣發現熱水煮沒有破壞草酸鈣結晶，卻可以去除芋頭麻刺感。由本試驗推測除不溶性草酸外，仍尚有其他”熱敏感性”因子會影響不溶性草酸所引起的麻刺感之強弱表現。

不溶性草酸鹽是否為引起芋頭麻刺感之因子一直是學者們探討的主要方向，有人認為不溶性草酸鹽為主因 (Sunell & Healey 1979, 1985; Moy *et al.* 1979)，有人認為兩者之間並無相關性 (Hollyoway *et al.* 1989; Paull *et al.* 1999)，結果眾說紛紜，莫衷一是。雖然學者們認為仍有其他影響因子存在 (Bradbury & Nixon 1998; Paull *et al.* 1999)，但研究主軸仍環繞在不溶性草酸鹽或其結

表2. 生鮮和蒸煮芋頭之蛋白質區分含量

Table 2. Protein fractions of raw and steamed taro

Cultivar	Protein fraction ^{z,y} (g/100g, wet basis)					Total
	Water soluble	Hot water soluble	Salt soluble	Alkali soluble	Alcohol soluble	
Raw						
KCC23	0.706±0.075	0.325±0.003	0.048±0.004	0.064±0.002	0.024±0.003	1.167±0.072
KCC26	0.688±0.029	0.216±0.010	0.043±0.004	0.066±0.003	0.036±0.001	1.051±0.033
KCC34	0.303±0.016	0.190±0.014	0.051±0.015	0.044±0.006	0.016±0.003	0.604±0.022
KCC122	1.274±0.021	0.652±0.010	0.091±0.003	0.112±0.008	0.049±0.008	2.178±0.022
KCC123	0.203±0.081	0.154±0.006	0.059±0.010	0.031±0.001	0.020±0.002	0.468±0.071
Steamed						
KCC23	0.460±0.052	0.159±0.006	0.030±0.001	0.143±0.009	0.028±0.004	0.820±0.051
KCC26	0.509±0.007	0.202±0.001	0.027±0.001	0.098±0.003	0.019±0.009	0.856±0.008
KCC34	0.255±0.006	0.080±0.002	0.028±0.003	0.017±0.004	0.019±0.001	0.399±0.004
KCC122	0.353±0.019	0.264±0.034	0.042±0.002	0.481±0.052	0.156±0.027	1.296±0.040
KCC123	0.223±0.011	0.101±0.010	0.029±0.005	0.025±0.003	0.020±0.002	0.398±0.015

^z Protein fractions were obtained by sequentially extracting with water (water-soluble), hot water (hot water-soluble), 10% NaCl (salt-soluble), 0.01N NaOH (alkali-soluble), and 70% ethanol (alcohol-soluble).

^y Value = mean ± standard error (n=3).

表 3. 不同芋頭品系於蒸煮前後總酚含量

Table 3. Phenolic fractions of raw and steamed taro

Cultivar	Phenolic fractions ^{z,y} (mg/100g, wet basis)					Total
	Water soluble	Hot water soluble	Salt soluble	Alkali soluble	Alcohol soluble	
Raw						
KCC23	37.31±4.21	10.39±0.26	0.87±0.09	2.53±0.08	1.31±0.16	52.42±4.57
KCC26	33.07±7.28	6.72±0.20	0.88±0.24	1.05±0.16	1.57±0.01	43.29±6.98
KCC34	24.93±2.67	17.39±0.71	1.91±0.87	2.00±0.31	0.17±0.09	46.40±3.77
KCC122	36.80±2.36	15.41±0.68	2.26±0.45	1.74±0.31	3.49±0.48	59.69±2.76
KCC123	40.53±7.96	11.72±0.56	2.00±0.38	1.56±0.15	0.78±0.00	56.60±7.87
Steamed						
KCC23	38.82±7.52	10.50±0.07	0.26±0.15	3.50±0.22	1.14±0.08	54.22±7.69
KCC26	27.12±0.21	11.38±0.65	0.70±0.09	3.73±0.51	1.30±0.15	44.23±1.70
KCC34	21.89±1.26	19.25±0.49	1.92±0.26	4.53±0.76	0.52±0.15	48.11±0.65
KCC122	28.45±0.87	17.32±2.54	1.66±0.09	5.51±0.25	9.98±1.51	62.92±3.68
KCC123	30.50±0.95	11.84±0.54	0.61±0.38	4.91±1.37	1.05±0.00	48.92±1.76

^z Phenolic fractions were obtained by sequentially extracting with water (water-soluble), hot water (hot water-soluble), 10% NaCl (salt soluble), 0.01N NaOH (alkali-soluble), and 70% ethanol (alcohol-soluble).

^y Value = mean ± standard error (n=3).

表 4. 芋頭麻刺感與草酸、蛋白質區分、酚類區分等含量與之相關性

Table 4. Correlation of acidity to the contents of oxalate, protein fractions and phenolic fractions of taro

Chemical	Correlation coefficient to Acidity ^z		
	Raw	Steamed	Overall
Oxalate			
Soluble	-0.40	-0.49	-0.40
Insoluble	0.90* ^y	0.47	0.47
Total	0.93*	0.08	0.24
Protein			
Water soluble	-0.97**	-0.68	-0.13
Hot water soluble	-0.89*	-0.83	-0.09
Salt soluble	-0.70	-0.53	0.32
Alkali soluble	-0.97**	-0.72	-0.60
Alcohol soluble	-0.99**	-0.56	-0.49
Total	-0.96**	-0.86	-0.28
Total phenolics			
Water soluble	-0.22	-0.69	0.10
Hot water soluble	0.03	0.41	-0.07
Salt soluble	-0.13	0.40	0.38
Alkaline soluble	0.23	0.12	-0.67*
Alcohol soluble	-0.97**	-0.56	-0.53
Total	-0.35	-0.63	-0.29

^z n=5 for raw and steamed; n=10 for overall.

^y *** significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

中主要是水溶性蛋白質。生芋的麻刺感和大部蛋白質區分均有顯著負相關性，其中和水溶性、鹼溶性和醇溶性蛋白質等相關係數均高達-0.97 以上 ($p < 0.01$)，亦即這些蛋白質區分含量愈高，麻刺感愈低。推測除了不溶性草酸是引起芋頭麻刺感主要因子外，蛋白質可能是影響芋頭麻刺感的另一個因子。學者 Paull *et al.* (1999) 曾從草酸鈣結晶表面分離出一種可能是蛋白質分解酵素的蛋白質，並推論此蛋白質是造成芋頭麻刺感的主因。但 Paull 等學者萃取的蛋白質侷限於草酸鈣結晶上，並未思及芋頭其他蛋白質的因子，所以這種由某少量蛋白質造成麻刺感的推論，與本試驗結果所發現的負相關性並不一致。本試驗發現生芋的麻刺感與不溶性草酸呈正相關，與大部蛋白質區分呈負相關；而除醇溶性蛋白質 ($r = -0.95, p < 0.05$) 外，不溶性草酸和其他蛋白質區分並無顯著相關性。例如本試驗中，品系 KCC23 的不溶性草酸含量 (1.00%)，和品系 KCC34 (1.06%)、KCC123 (0.99%) 相近；但 KCC23 水溶性蛋白質含量(0.71%)高於 KCC34 (0.30%) 和 KCC123 (0.20%)，所以 KCC23 生芋麻刺感中強 (指數=2.5)，低於 KCC34 和 KCC123 (麻刺感指數均為 3)。推測不溶性草酸鹽是引起生鮮芋頭麻刺感的主要因子，蛋白質是影響麻刺感的另一重要因子，兩者之間的交互作用影響麻刺感的強弱呈現。蛋白質在芋頭中可能與不溶性草酸鹽結合而抑制不溶性草酸鹽的麻刺作用，或在皮膚感官上以物理性或化學性的緩和方式降低了麻刺感，真正作用機制值得進一步探討。

蒸煮作用不會影響不溶性草酸含量，卻使蛋白質變性，水溶性蛋白質和總蛋白質含量明顯降低，同時造成芋頭麻刺感和蛋白質區分間的原負相關性變成無顯著性。在試驗如上述中品系 KCC23 水溶性蛋白質含量高且於蒸煮後明顯降低 (0.46%)，而原本中強的麻刺感完全喪失 (指數=0)。相反地，品系 KCC26 的不溶性草酸含量 (0.32%) 雖然低於 KCC23，但 KCC26 因蒸煮而所減少的水溶性蛋白質含量 (由 0.69%減為 0.51%)，不如 KCC23 明顯，所以 KCC26 蒸煮後反而仍能維持輕微的麻刺感 (指數 = 0.5)。KCC26 和 KCC122 水溶性蛋白質較高且因蒸煮而變性的兩個品系，同樣地，這兩個品系均於蒸煮後完全喪失其麻刺感。推測蛋白質因子的遇熱變化是造成芋頭蒸煮後麻刺感大幅減低的原因。Moy *et al.* (1979) 曾推論有某種酒精敏感的麻刺感因子。本試驗所推測影響麻刺感強弱表現的蛋白質也是易受酒精作用而變性的物質。

由本試驗結果推論不溶性草酸鹽是引起生鮮芋頭麻刺感的主要因子，蛋白質是影響麻刺感反應的因子，兩者之間的交互作用影響芋頭蒸煮前後的麻刺感強弱呈現。蒸煮對不溶性草酸含量影響不大，是否遇熱變化的水溶性蛋白質可將部分不溶性草酸結晶緊密結合或穩固包覆其中，使得仍存在的草酸結晶卻無法作用產生麻刺感？這個推測或蛋白質真正作用機制仍須更深入研究證實。

本試驗除醇溶性酚類外，麻刺感和酚類區分含量間之相關性，並不如和蛋白質密切。而且除鹼溶性酚類外，各酚類區分含量在蒸煮前後變化不大。生芋中麻刺感和醇溶性酚類高負相關性 ($r = -0.97, p < 0.01$)，推測也可能和不溶性草酸作用，進而抑制麻刺感。如同上述推測蒸煮使蛋白質的遇熱變性，使不溶性草酸無法作用，同時造成麻刺感和醇溶性酚類含量的相關性消失。試驗同時發現蒸煮使麻刺感降低，使鹼溶性酚類含量增加，且就生芋和熟芋總體而言，麻刺感和呈負鹼溶性酚類呈顯著負相關 ($r = 0.67, p < 0.05$)。這些結果提供了除蛋白質外的另一個思考方向—酚類在麻刺感呈現中的作用機制為何。由本試驗可以結論，探討芋頭麻刺感因子不應該再侷限於不溶性草酸鹽或其結晶上可能存在的物質，芋頭蛋白質或酚影響麻刺感強弱的真正作用機制更值得重視和進一步研究。

誌 謝

本試驗承行政院國家科學委員會專題研究計畫 (NSC 89-2313-B-055-015) 經費支持，特以誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

- Bradbury, J. H. and R. W. Nixon. 1998. The acidity of raphides from the edible aroids. *J. Sci. Food Agric.* 76:608-606.
- Chen, M. J., L. J. Tzeng, and Y. M. Weng. 1999. Studies on improving the quality of vacuum-fried taro chips. *J. National Chiayi Inst. Tech.* 62:19-31.
- Cheng, H. H. and W. H. Chang. 1995. A study on the conditions for the fractionation of rice proteins by sequential extraction with different solvents. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.* 33:570-578.
- Holloway, W. D., M. E. Argall, W. T. Jealous, J. A. Lee, and J. H. Bradbury. 1989. Organic acids and calcium oxalate in tropical root crops. *J. Agric. Food Chem.* 37:337-341.
- Libert, B. and V. R. Franceschi. 1987. Oxalate in crop plants. *J. Agric. Food Chem.* 35:926-938.
- Liu, H. I., L. H. Lin, S. Song, and M. C. Hong. 1988. Studies on the chemical quality of Taiwan rice and its relationship with eating quality. *J. Agric. Res. China* 37:177-195. (in Chinese with English abstract)
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagen. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Moy, J. H., B. Shadbolt, G. S. Stoewsand, and T. O. M. Nakayama. 1979. The acidity factor in taro processing. *J. Food Process. Preserv.* 3:139-144.
- Paull, R. E., C. S. Tang, K. Gross, and G. Uruu. 1999. The nature of the taro acidity factor. *Postharvest Biol. Tech.* 16:71-78.
- Saha, B. P. and M. Hussain. 1983. A study of the irritating principle of aroids. *Indian J. Agric. Sci.* 53:833-836.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phophomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16:144-158.
- Sunell, L. A. and P. L. Healey. 1979. Distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in corms of taro (*Colocasia esculenta*). *Am. J. Bot.* 66:1029-1032.
- Sunell, L. A. and P. L. Healey. 1985. Distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in leaves corms of taro (*Colocasia esculenta*). *Am. J. Bot.* 72:11854-18

Relationship between Protein Fractions of Taro (*Colocasia esculenta*) and Acridity¹

Shwu-Jene Tsai^{1,4}, Huey-Ing Liu² and Hsing-Yi Huang³

Abstract

Tsai, S. J., H. I. Liu, and H. Y. Huang. 2006. Relationship between protein fractions of taro (*Colocasia esculenta*) and acridity. *J. Taiwan Agric. Res.* 55:63-72.

The acridity of raw taro can be eliminated by appropriate cooking and food processing. Protein is known as a thermal-denaturing substance. Therefore, the potential effect of protein fractions of taro corms on acridity was evaluated and studied in this research. Five protein fractions were obtained by sequential extraction, including water-soluble, hot water-soluble, salt-soluble, alkali-soluble and alcohol-soluble protein fractions. The result showed a significant difference in acridity among taro cultivars. Taro cultivar with stronger acridity has a higher content of insoluble oxalate, but lower of fractioned proteins. The acridity of raw taro corms was correlated positively with the content of insoluble oxalate ($r = 0.90$, $p < 0.05$), and negatively with most of the fractioned protein contents ($r = -0.89 \sim -0.99$, $p < 0.05$). Steaming of taro resulted in the significant loss of acridity as well as the decreases of water-soluble and total protein contents. However, steaming had little effect on the change of the insoluble oxalate contents. It might be concluded that the acridity of taro was not only caused by insoluble oxalate, but also in associated with some protein fractions of in taro. The thermal denaturation of proteins in taro might cause decline of acridity during cooking.

Key words: Taro, Acridity, Insoluble oxalate, Protein fractions.

1. Contribution No.2252 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted:Mar. 31, 2006
 2. Assistant Researcher and Researcher, respectively, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Assistant Researcher, Chinan Branch Station, Koahsiung DAIS, Chishan, Koahsiung, Taiwan, ROC.
 4. Corresponding author, e-mail: sjtsai@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302805.