

# 不同品種 (系)、植期與貯藏處理之 生甘藷抗性澱粉含量研究

利幸貞<sup>1,\*</sup> 賴永昌<sup>2</sup>

## 摘要

利幸貞、賴永昌。2017。不同品種 (系)、植期與貯藏處理之生甘藷抗性澱粉含量研究。台灣農業研究 66(1):26–33。

抗性澱粉屬於膳食纖維的指標成分之一，本研究以不同甘藷品種 (系)、植期與貯藏處理來探討生甘藷之抗性澱粉含量研究。試驗結果顯示，甘藷塊根抗性澱粉含量在品種 (系) 與期作間具有極顯著交感效應。抗性澱粉與直鏈澱粉含量在不同甘藷品種 (系) 間有差異，由期作間比較，春作植期明顯高於秋作植期，且抗性澱粉與直鏈澱粉含量在春作植期兩成分具有極顯著正相關。甘藷塊根經過貯藏，各品種 (系) 所含之抗性澱粉含量無明顯的變化，但就甘藷選育及貯運目的之考量，仍以其抗性澱粉含量明顯較高又較耐貯藏之品系為佳。

**關鍵詞：**甘藷、抗性澱粉、直鏈澱粉、膳食纖維。

## 前言

抗性澱粉是近年來國際上新興的食品科技研究重點，這類澱粉因無法被人體消化酵素水解，通過腸道後被大腸中微生物或益生菌發酵，產生有益於生理代謝之短鏈脂肪酸 (short chain fatty acid)，這些脂肪酸經由腸道吸收並經血液循環而抑制肝臟中糖解作用 (glycolysis) 及肝糖分解作用 (glycogenolysis) 的進行，身體能量需求則藉由脂肪組織分解來提供。因此，抗性澱粉能減少體脂肪堆積與促進腸道蠕動，被視為膳食纖維的一種 (Englyst & Hudson 1996; Birt *et al.* 2013)。抗性澱粉被區分為 4 大類型：第 1 類型 (RS1)：無法被腸道中消化酵素所分解之澱粉類物質，存在於種子、豆莢類及未加工之全穀類。第 2 類型 (RS2)：生的、未經烹煮的澱粉類食物，其澱粉結構排列緊密，使澱粉酶難以完全分解，如生馬鈴薯、青香蕉。第 3 類型 (RS3)：澱粉

類食物經烹煮後，冷卻貯存後產生的老化澱粉，如烤麵包、放涼後的馬鈴薯、米飯或麵製食品。第 4 類型 (RS4)：非存在於自然界，經實驗室利用化學或物理方法由直鏈澱粉純化出來。抗性澱粉亦屬於膳食纖維的指標成分之一，本研究之目的擬藉由探討不同甘藷品種 (系) 之抗性澱粉含量高低與貯藏期對甘藷塊根抗性澱粉含量之影響，並調查不同植期甘藷塊根之抗性澱粉與直鏈澱粉含量變化與相關性分析，以作為品種選育之參考。同時，亦探討利用分析甘藷塊根澱粉酶活性測定 (falling number method)，應用於塊根抗性澱粉含量快速簡易分析技術的可行性。

## 材料與方法

### 不同甘藷品種 (系) 及貯藏期處理之抗性澱粉含量比較

試驗材料：以 2013 年採收之秋作甘藷「台

投稿日期：2016 年 3 月 15 日；接受日期：2016 年 5 月 25 日。

\* 通訊作者：hsinchen@dns.caes.gov.tw

<sup>1</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系前助理研究員。台灣 嘉義市。

<sup>2</sup> 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系研究員兼系主任。台灣 嘉義市。

農 57 號」及「台農 66 號」品種及高級試驗品系包括 CYY99-01、CYY99-11、CYY99-15、CYY99-23、CYY99-38、CYY99-40、CYY99-42、CYY99-46、CYY99-68、CYY99-72、CYY99-74、CYY99-75、CYY99-80 共 13 個品系為試驗材料。

採收時間及處理：秋作種植 5 個月後採收，貯藏條件為 15°C，相對濕度 (relative humidity; RH) 95–100%，於貯藏後 1、2、3、4、5、6 個月共 6 個貯藏取樣時期。每品種 (系) 取 3 個約 200–250 g 之甘藷塊根，經冷凍乾燥製成凍粉，進行抗性澱粉含量分析。

### 不同植期對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量之影響

試驗材料：以 2014 年秋作種植及 2015 年春作種植之甘藷「台農 57 號」與「台農 66 號」品種及高級試驗品系包括：CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-S99、CYY103-S13、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-10、CYY103-66、CYY103-166、CYY103-152、CYY98-03、CYY98-04、CYY98-08、CYY98-10 共 14 個品系為試驗材料。

採收時間及處理：秋作及春作均於種植 5 個月後採收，採收後每品種 (系) 取 5 個約 200–250 g 之甘藷塊根經冷凍乾燥製成凍粉，進行抗性澱粉與直鏈澱粉含量分析。

### 抗性澱粉含量分析

以 Megazyme 之 Resistant starch assay kit 方法進行分析。分析步驟主要為：(1) hydrolysis and solubilization of non-resistant starch 與 (2) measurement of resistant starch。其中，應用到的分解酵素包括 amyloglucosidase、pancreatic  $\alpha$ -amylase、glucose oxidase/peroxidase (GOPOD) reagent buffer、D-glucose standard solution。所需的 buffer 與 solution 包括 sodium maleated buffer (100 mM, pH 6.0)、sodium acetate buffer (1.2 M, pH 3.8)、sodium acetate buffer (100 mM, pH 4.5)、potassium hydroxide solution (2 M) 及 aqueous ethanol (50%, v/v)。

### 直鏈澱粉含量分析

以 AACC Method 61-03 分析法進行樣品分析 (Leszczynski 2004)。

### 澱粉酶活性測定

以 Falling Number Method (S-141 05 Huddinge, Perten Instruments, Sweden) 進行，取  $6 \text{ g} \pm 0.05 \text{ g}$  凍粉置入試管 (original test-tube, tolerance I.D.  $\pm 0.02 \text{ mm}$ ) 中，加入 25 mL 純水，進行震盪 (Shakematic 1090) 後測定 (Falling Number 1800)。

### 試驗分析

本試驗應用 SAS 統計軟體進行數據之整理與分析，利用 Proc means、Procglm 及 Proccorr 等程式進行平均值與標準差、變方分析及相關性之分析。

## 結果

### 不同甘藷品種 (系) 及貯藏期處理之抗性澱粉含量比較

比較甘藷塊根所含抗性澱粉含量在品種 (系) 間有差異，「台農 57 號」品種之抗性澱粉含量明顯高於「台農 66 號」，而供試的 13 個品系中 CYY99-72 及 CYY99-74 之抗性澱粉含量明顯較「台農 66 號」品種高，但與「台農 57 號」品種無明顯差異；而 CYY99-01、CYY99-38 及 CYY99-8、CYY99-11、CYY99-15、CYY99-40、CYY99-42、CYY99-46 及 CYY99-80 之抗性澱粉含量無明顯差異；供試品系中以 CYY99-23 及 CYY99-75 之抗性澱粉含量最低，不及 1% (圖 1)。而甘藷塊根經過貯藏，各品種 (系) 之抗性澱粉含量無明顯的變化。但 CYY99-38 於貯藏第 4 個月；「台農 66 號」品種、CYY99-75 於貯藏第 5 個月；CYY99-23、CYY99-80 於貯藏第 6 個月因塊根不耐貯藏腐損而無法取樣分析 (圖 2)。

### 不同植期對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量之影響

甘藷塊根中抗性澱粉與直鏈澱粉含量，在品種 (系) 與期作間交感效應呈極顯著 (表

1)；即不同甘藷品種(系)在期作間抗性澱粉與直鏈澱粉含量有差異。在不同甘藷品種(系)之抗性澱粉含量比較上，秋作採收之塊根以 CYY103-S99、CYY103-S13 之抗性澱粉含量較高，平均達 4% 以上；CYY103-S143、CYY103-166、CYY98-03、CYY98-10 之抗性澱粉含量平均達 3% 以上，CYY103-S6、CYY103-152、CYY98-04 之抗性澱粉含量平均達 2% 以上，均較「台農 57 號」與「台農 66 號」品種高；CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-10 之抗性澱粉含量較低，平均不及 1%。而在春作採收之塊根，除「台農 66 號」品種、CYY103-10、CYY103-166 之抗性澱粉含量與秋作採收之塊根無明顯變化外。而在秋作採收，抗性澱粉含量高之 CYY103-S99 與 CYY103-S13，在春作採收之塊根，其抗性澱粉含量變化明顯不同，CYY103-S99 呈顯著增加，但 CYY103-S13 則在兩期作間含量變化不顯著。「台農 57 號」品種及供試品系

CYY103-S134、CYY103-S110、CYY103-S99、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-66、CYY103-152、CYY98-03、CYY98-04、CYY98-08、CYY98-10 其抗性澱粉含量均明顯較秋作採收之塊根高，其中又以 CYY103-S134、CYY103-S6、CYY103-S143、CYY103-152 及 CYY98-04 增加較多，達約 5-8%。在不同甘藷品種(系)之直鏈澱粉含量比較上，除「台農 57 號」品種、CYY103-S110、CYY103-10 及 CYY103-66 外，其餘供試之品種(系)在春作採收之塊根均較秋作採收之塊根含量高(表 2)。將兩期作塊根之抗性澱粉與直鏈澱粉含量進行相關性分析，在秋作植期不顯著(圖 3)，但在春作植期具有顯著正相關(圖 4)。

## 討論

抗性澱粉亦屬於膳食纖維的指標成分之一，膳食纖維主要是指不能被人體的酵素所

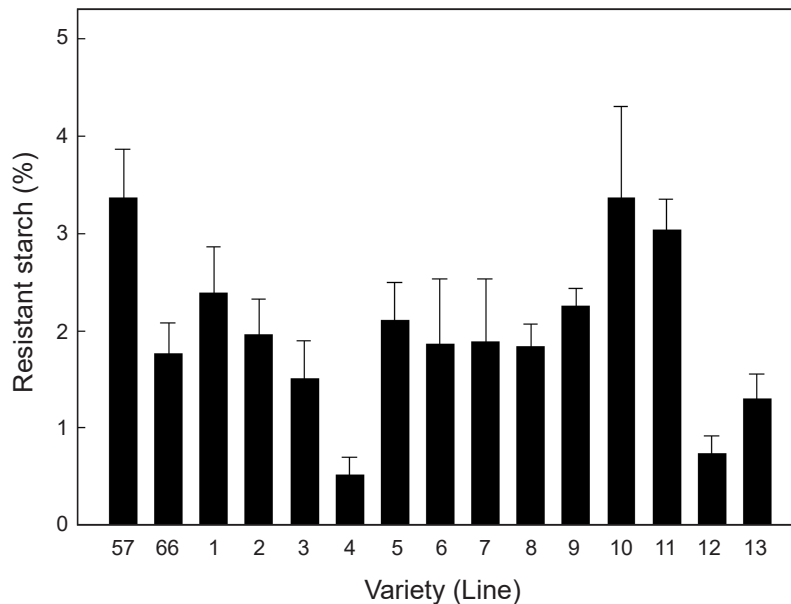


圖 1. 不同甘藷品種(系)抗性澱粉含量比較。57: 'TNG57'、66: 'TNG66'、1: CYY99-01、2: CYY99-11、3: CYY99-15、4: CYY99-23、5: CYY99-38、6: CYY99-40、7: CYY99-42、8: CYY99-46、9: CYY99-68、10: CYY99-72、11: CYY99-74、12: CYY99-75、13: CYY99-80。

Fig. 1. Changes of resistant starch content in different varieties/lines of sweet potato. 57: 'TNG57'; 66: 'TNG66'; 1: CYY99-01; 2: CYY99-11; 3: CYY99-15; 4: CYY99-23; 5: CYY99-38; 6: CYY99-40; 7: CYY99-42; 8: CYY99-46; 9: CYY99-68; 10: CYY99-72; 11: CYY99-74; 12: CYY99-75; and 13: CYY99-80.

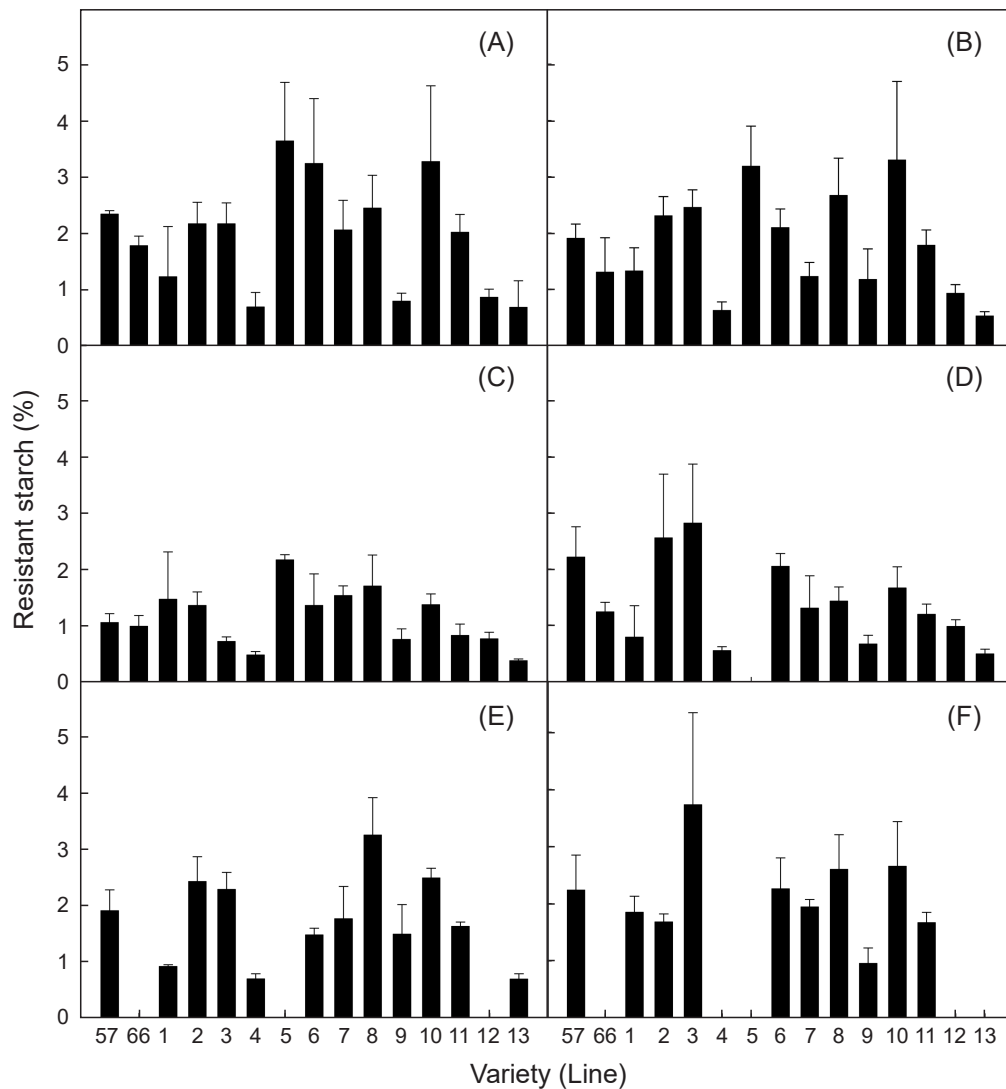


圖 2. 不同甘藷品種(系)貯藏期處理之抗性澱粉含量比較。57：‘TNG57’、66：‘TNG66’、1：CYY99-01、2：CYY99-11、3：CYY99-15、4：CYY99-23、5：CYY99-38、6：CYY99-40、7：CYY99-42、8：CYY99-46、9：CYY99-68、10：CYY99-72、11：CYY99-74、12：CYY99-75、13：CYY99-80。

**Fig. 2.** Changes of resistant starch content in different varieties (lines) of sweet potato during storage period. (A) Storage 1 month; (B) storage 2 months; (C) storage 3 months; (D) storage 4 months; (E) storage 5 months; and (F) storage 6 months. 57: ‘TNG57’; 66: ‘TNG66’; 1: CYY99-01; 2: CYY99-11; 3: CYY99-15; 4: CYY99-23; 5: CYY99-38; 6: CYY99-40; 7: CYY99-42; 8: CYY99-46; 9: CYY99-68; 10: CYY99-72; 11: CYY99-74; 12: CYY99-75; and 13: CYY99-80.

消化的多醣類與木質素，主要來源為植物組織中除澱粉外之碳水化合物及木質素，多醣類則以纖維素、半纖維素、果膠質等細胞壁多醣為主。總膳食纖維為水溶性膳食纖維與非水溶性膳食纖維之總合。自 1950 年代開始，膳食纖維的研究受到各國的重視。甘藷塊根中澱

粉含量占乾物率約 70%，根據本試驗之分析比較，甘藷塊根品種(系)間抗性澱粉含量有顯著差異，且抗性澱粉與直鏈澱粉含量在品種(系)與期作間具有極顯著交感效應，即不同品種(系)甘藷在期作間的表現有差異。澱粉是甘藷的主要成分，其組成主要包括直鏈

表 1. 期作與品種(系)對甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉含量影響之變方分析。

**Table 1.** Analysis of variance for the effects of crop seasons and varieties (lines) on the resistant starch and amylose of sweet potato.

Source of variance	df	MS
Resistant starch		
Crop season (CS)	1	507.08**
Varieties (lines) (L)	15	32.47**
CS * L	15	17.28**
Amylose		
Crop season (CS)	1	854.33**
Varieties (lines) (L)	15	109.02**
CS * L	15	45.70**

\*, \*\* Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表 2. 不同甘藷品種(系)之抗性澱粉與直鏈澱粉含量於期作之表現。

**Table 2.** The resistant starch and amylose content (%) of sweet potato in different cropping seasons.

Line	Fall season		Spring season	
	Resistant starch (%)	Amylose (%)	Resistant starch (%)	Amylose (%)
57 <sup>z</sup>	1.85 ± 0.81*	35.99 ± 1.05*	3.14 ± 0.75	34.45 ± 3.05
66	1.28 ± 0.31	33.72 ± 0.83	1.26 ± 0.36	36.97 ± 1.57
1	0.62 ± 0.16	33.02 ± 1.89	6.10 ± 1.96	40.44 ± 2.75
2	0.99 ± 0.17	30.11 ± 1.01	2.12 ± 0.90	30.14 ± 3.66
3	4.03 ± 1.36	32.06 ± 0.50	8.88 ± 3.31	35.93 ± 2.01
4	4.84 ± 1.01	37.68 ± 1.04	5.84 ± 1.61	42.31 ± 2.47
5	2.05 ± 0.55	34.24 ± 1.33	9.00 ± 1.68	31.75 ± 7.31
6	3.18 ± 0.84	38.69 ± 1.96	9.30 ± 1.41	42.73 ± 3.62
7	0.77 ± 0.18	34.04 ± 1.14	3.55 ± 3.03	32.95 ± 8.21
8	1.91 ± 0.36	28.88 ± 0.38	4.23 ± 0.56	33.18 ± 4.12
9	3.29 ± 0.61	23.45 ± 1.95	2.73 ± 0.70	31.57 ± 2.17
10	2.22 ± 0.49	29.54 ± 0.70	11.03 ± 2.31	41.69 ± 0.84
11	3.54 ± 0.89	31.33 ± 1.29	7.24 ± 1.38	39.03 ± 1.55
12	2.57 ± 0.32	30.11 ± 0.84	7.88 ± 1.44	40.70 ± 1.60
13	1.40 ± 0.49	30.79 ± 1.04	5.07 ± 1.37	37.68 ± 1.07
14	3.20 ± 0.80	29.88 ± 0.55	7.31 ± 2.83	35.96 ± 1.18

<sup>z</sup> 57: 'TNG57'; 66: 'TNG66'; 1: CYY103-S134; 2: CYY103-S110; 3: CYY103-S99; 4: CYY103-S13; 5: CYY103-S6; 6: CYY103-S143; 7: CYY103-10; 8: CYY103-66; 9: CYY103-166; 10: CYY103-152; 11: CYY98-03; 12: CYY98-04; 13: CYY98-08; and 14: CYY98-10.

\*Mean ± SD.

澱粉 (amylose) 及支鏈澱粉 (amylopectin)，都是由 D-葡萄糖組成；直鏈澱粉主要以  $\alpha$ -D-(1→4) 鍵結而成，含較少量  $\alpha$ -D-(1→6) 鍵結，而支鏈澱粉以  $\alpha$ -D-(1→4) 和  $\alpha$ -D-(1→6) 的方式鍵結，澱粉鏈的分叉點皆位於  $\alpha$ -D-(1→6)

的鍵結處。在抗性澱粉含量分析上，澱粉水解酵素 ( $\alpha$ -amylase) 是重要因子 (Biliaderis 1991)，若能藉由 Falling Number Method 之技術分析甘藷塊根之  $\alpha$ -amylase 含量，進而判斷其抗性澱粉含量高低，將是快速簡易且低

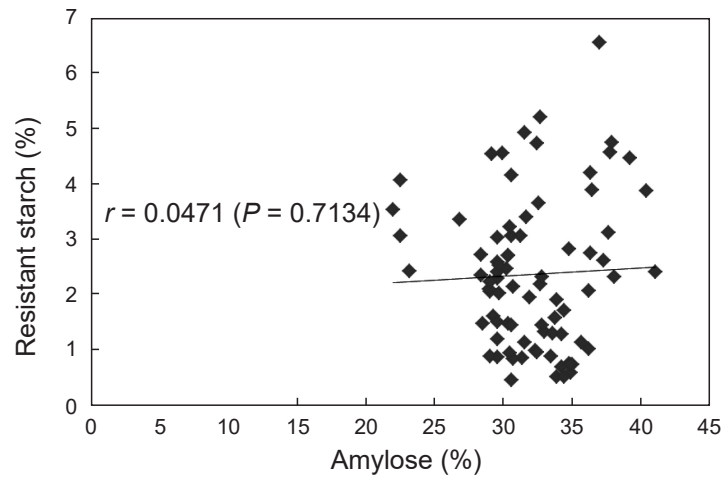


圖 3. 甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉於秋作之相關分析。

Fig. 3. Correlation between resistant starch and amylose of sweet potato in fall cropping season.

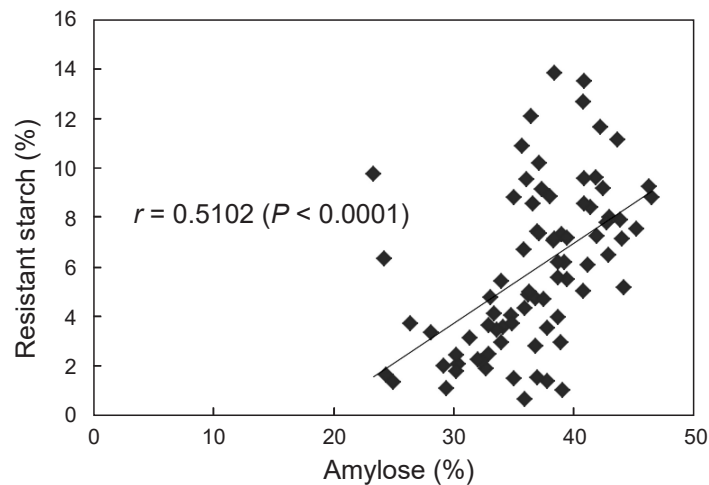


圖 4. 甘藷抗性澱粉與直鏈澱粉於春作之相關分析。

Fig. 4. Correlation between resistant starch and amylose of sweet potato in spring cropping season.

成本之篩選方法。但本試驗結果顯示，不論是秋作 ( $P = 0.325$ ) 與春作 ( $P = 0.581$ ) 之甘藷塊根，其 Falling Number Method 測值與抗性澱粉間並無顯著直線關係 (秋作  $P = 0.325$ ；春作  $P = 0.581$ )。探討其原因，應是甘藷屬於 RS3 之抗性澱粉，其含量高低取決於老化直鏈澱粉 (retrograded amylose) 形成之多寡 (Leszczynski 2004)，而影響老化直鏈澱粉的因子除澱粉水解酵素 ( $\alpha$ -amylase) 之外，直鏈澱粉、水分含量及加熱過程之澱粉粘糊性均是

重要影響因子。因此，無法單純藉由澱粉水解酵素含量多寡來判斷。根據前人研究 (Sagum & Arcot 2000; Leeman *et al.* 2006) 亦指出，含澱粉高之作物如馬鈴薯與稻米等，其直鏈澱粉、水分含量及加熱過程之澱粉粘糊性均會對其抗性澱粉含量造成差異，且品種 (系) 間有顯著差異。本試驗結果，春作採收之甘藷塊根其直鏈澱粉與抗性澱粉含量呈顯著正相關，但秋作採收之甘藷塊根其直鏈澱粉與抗性澱粉含量則沒有顯著相關性，需進一步再行探討；此



外，甘藷利用溼熱處理使其澱粉化學結構、聚合度及晶體構象改變，以提高其老化澱粉比例之方法，仍有待進一步的研究。而貯藏時間長短、貯藏溫度及樣品乾燥處理方法與加工時之加熱溫度與加熱時間長短，均會影響抗性澱粉產生量，在馬鈴薯、小麥、綠熟期香蕉 (first stage of ripening) 及已烘焙完成之烤麵包產品有相關之研究 (Niba 2003; Kim *et al.* 2006; Ezekiel *et al.* 2007; González-Soto *et al.* 2007; Tribess *et al.* 2009)。抗性澱粉在速食產品 (ready-to-eat; RTE) 上也扮演很重要的健康角色，而原料的貯藏時期長短會影響加工產品之抗性澱粉含量，如穀類及蔬菜等 (Namratha *et al.* 2002; Kumari *et al.* 2007)。本試驗之甘藷塊根貯藏於 15°C，相對濕度 95–100% RH 條件下，其抗性澱粉含量受貯藏期影響不明顯。但若是基於育種之耐貯藏考量，則以 CYY99-72 及 CYY99-74 其抗性澱粉含量高又較耐貯藏之品系明顯優於 CYY99-23 及 CYY99-75 之低抗性澱粉含量與不易貯藏。作物成熟度會影響抗性澱粉含量，如不同成熟度採收的香蕉其含量有差異 (Moongngarm *et al.* 2014)；甘藷於春作採收之塊根，其抗性澱粉含量顯著較秋作採收之塊根高，可能與塊根生長發育期之環境溫度與塊根生長速率造成之澱粉結構如直鏈澱粉含量差異上，而抗性澱粉含量與直鏈澱粉含量在春作植期具有極顯著正相關。抗性澱粉的優點包括降低熱量的攝取、利於血糖的控制及調整血脂的代謝，由於抗性澱粉在小腸難消化、血糖上升速度慢，跟一般澱粉相比，不僅較不容易囤積脂肪，連身體吸收到的熱量也相對少 (Leszczynski 2004)；然而抗性澱粉與腸道微生物關係複雜 (Biliaderis 1991; Birt *et al.* 2013)，植物中所含抗性澱粉之功用與人體健康之關係仍須進行更多研究。

## 引用文獻

- Biliaderis, C. G. 1991. Action of  $\alpha$ -amylases on amylose-lipid complex superstructures. *J. Cereal Sci.* 13:129–143.
- Birt, D. F., T. Boylston, S. Hendrich, J. Jane, J. Hollis, L. Li, J. McClelland, S. Moore, J. J. Phillips, M. Rowling, K. Schalinske, M. P. Scott, and E. M. Whitley. 2013. Resistant starch: Promise for improving human health. *Adv. Nutr.* 4:587–601.
- Englyst, H. N. and G. J. Hudson. 1996. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem.* 57:15–21.
- Ezekiel, R., G. Rana, N. Singh, and S. Singh. 2007. Physicochemical, thermal and pasting properties of starch separated from  $\gamma$ -irradiated and stored potatoes. *Food Chem.* 105:1420–1429.
- González-Soto, R. A., R. Mora-Escobedo, H. Hernández-Sánchez, M. Sánchez-Rivera, and L. A. Bello-Pérez. 2007. The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch. *Food Res. Intl.* 40:304–310.
- Kim, J. K., E. J. Tanhehco, and P. K. W. Ng. 2006. Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour. *Food Chem.* 99:718–723.
- Kumari, M., A. Urooj, and N. N. Prasad. 2007. Effect of storage on resistant starch and amylose content of cereal-pulse based ready-to-eat commercial products. *Food Chem.* 102:1425–1430.
- Leeman, A. M., M. E. Karlsson, E. Ann-Charlotte, and I. M. E. Bjorck. 2006. Resistant starch formation in temperature treated potato starches varying in amylose/amylopectin ratio. *Carbohydr. Polym.* 65:306–313.
- Leszczynski, W. 2004. Resistant starch-classification, structure, production. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 13:37–50.
- Moongngarm, A., W. Tiboobun, M. Sanpong, P. Sriwong, L. Phiewtong, R. Prakitrum, and N. Huychan. 2014. Resistant starch and bioactive contents of unripe banana flour as influenced by harvesting periods and its application. *AJABS* 9:457–465.
- Namratha, J., A. Urooj, and N. N. Prasad. 2002. Effect of storage on resistant starch content of processed ready-to-eat foods. *Food Chem.* 79:395–400.
- Niba, L. L. 2003. Effect of storage period and temperature on resistant starch and  $\beta$ -glucan content in cornbread. *Food Chem.* 83:493–498.
- Sagum, R. and J. Arcot. 2000. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and *in vitro* starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. *Food Chem.* 70:107–111.
- Tribess, T. B., J. P. Hernández-Urbe, M. G. C. Méndez-Montealvo, E. W. Menezes, L. A. Bello-Pérez, and C. C. Tadini. 2009. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT -- Food Sci. Technol.* 42:1022–1025.

## Studies on Varieties (Lines), Crop Season, and Storage Period on Resistant Starch in Fresh Sweet Potato

Hsin-Chen Lee<sup>1\*</sup> and Yung-Chang Lai<sup>2</sup>

### Abstract

Lee, H. C. and Y. C. Lai. 2017. Studies on varieties (lines), crop season, and storage period on resistant starch in fresh sweet potato. *J. Taiwan Agric. Res.* 66(1):26–33.

Resistant starch is one of the index components for dietary fiber. Analysis of variance for the effects of crop seasons and varieties (lines) on the resistant starch content of fresh tuberous roots of sweet potato indicated that these two factors interacted significantly. A significant difference in contents of resistant starch was found among varieties (lines), and sweet potato grown in Spring crop had higher value than that grown in Fall crop. The correlation coefficient of resistant starch and amylose content was higher in Spring crop. The resistant starch content in fresh tuberous roots of sweet potato was not significantly changed due to different storage periods. In order to conducive to breeding and storage process, the varieties (lines) of sweet potato had a higher resistant starch content in tuberous roots and a good quality during storage period will be a better choice.

**Key words:** Sweet potato, Resistant starch, Amylose, Dietary fiber.

---

Received: March 15, 2016; Accepted: May 25, 2016.

\* Corresponding author, e-mail: [hsinchen@dns.caes.gov.tw](mailto:hsinchen@dns.caes.gov.tw)

<sup>1</sup> Former Assistant Research Fellow, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

<sup>2</sup> Research Fellow and Department Head, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.