

# 採收方式對鳳梨果實內部褐變之影響<sup>1</sup>

薛百祺<sup>2</sup> 唐佳惠<sup>3</sup> 李堂察<sup>2,4</sup>

## 摘 要

薛百祺、唐佳惠、李堂察。2008。採收方式對鳳梨果實內部褐變之影響。台灣農業研究 57:205–212。

台灣鳳梨以徒手摘取及鐮刀割取等方式採收，但以徒手摘取為主，因果梗部傷口大且不平整，可能影響貯運壽命。徒手摘取之果實經 12.5°C 貯藏 2 週再經 25°C 櫥架 4 天，所有徒手摘取果實之內部褐化症狀皆已達 5.8 級，故評定為喪失櫥架壽命；而鐮刀割取之果實冷藏 2 週再經 4 天櫥架後，果實內部褐化程度才達第 2 級。果實採收後苯丙氨酸解氨酶 (phenylalanine ammonia lyase; PAL) 活性隨冷藏時間之延長而增加，且徒手摘取之果實 PAL 活性顯著高於鐮刀割取之果實。多酚氧化酶 (polyphenol oxidase; PPO) 及過氧化酶 (peroxidase; POD) 活性隨冷藏時間之延長而降低，但徒手摘取或鐮刀割取間無明顯差異。

**關鍵詞：**徒手摘取、鐮刀割取、苯丙氨酸解氨酶、多酚氧化酶、過氧化酶。

## 前 言

採收作業與流程攸關產品品質、貯運壽命及損耗率等，採收流程中常因機械碰撞 (mechanical impacts) 導致產品表現擦壓傷症狀 (Van Canney *et al.* 2004)，例如機械集貨較徒手操作更容易造成果實損傷 (Lippert *et al.* 2004)，搬運方式 (Berardinelli *et al.* 2004)、堆疊高度及果實排列方式等，也影響果實受傷程度 (Studman 2000)。鳳梨果實是否在採收時受到損傷，通常在集貨當天無法以目視剔除，而在經過裝箱及運輸後，所有已受傷之果實才逐漸顯現達可視程度 (Wang *et al.* 2004)。台灣鳳梨採收方式有以徒手採摘或以鐮刀割取等 2 種，以徒手摘取者採收較為快速方便，採用之農民不少。然而初步調查結果得知，以鐮刀割取者果實受傷較徒手摘取者少，對貯運後果實褐變程度亦較輕微。因此，鳳梨以徒手摘取或以鐮刀割取，對於鳳梨果實貯運後之貯藏壽命和品質之影響，亟待釐清。

採收器械所攜帶的病原生物，容易由切口感染植株或產品，但因鳳梨植株更新較易，器械採收造成的切口感染問題或可忽略；反觀以徒手摘取之果實，因需握緊果實並折取，使果梗斷面傷口不

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2328 號。接受日期：97 年 9 月 3 日。
2. 國立嘉義大學園藝學系前碩士班研究生及教授。台灣 嘉義市。
3. 本所嘉義農業試驗分所園藝系助理研究員。台灣 嘉義市。
4. 通訊作者，電子郵件：tcllee@mail.ncyu.edu.tw；傳真：(05)2753295。

平整、受創面積較大，是否造成果實承受之創傷較器械採收嚴重，更非裸目可見。Stewart 等 (2003) 指出，創傷會提高鳳梨果實中多酚氧化酶 (polyphenol oxidase; PPO) 之活性，亦可能導致組織內苯丙氨酸解氨酶 (phenylalanine ammonia lyase; PAL) 活性提高 (Dixon & Paiva 1995)。因此，本試驗即針對徒手摘取及鐮刀割取兩種不同採收方式之果實，調查其果心部位 PAL、PPO 及過氧化酶 (peroxidase; POD) 活性在貯運過程中之變化，並觀察三者與果實劣變之關係，期能提出更優良的採收方式，提供果農和業者應用，以增進內外銷鮮食鳳梨之貯運壽命及品質。

### 試驗材料

本研究供試品種為‘台農 17 號’號鳳梨果實，成熟度為基部 1/3–1/2 轉色，於 95 年 6 月委請屏東縣吳姓專業鳳梨果農在天候晴朗時，分別以徒手摘取及鐮刀割取。徒手摘取採收者未再經過修整果梗立即以直立方式裝箱；鐮刀割取者再修整使果梗長度為 1 cm 後再裝箱。上述 2 種採收方式之果實，均以每箱 12 果裝於瓦楞紙箱中，並限於採摘後 24 hrs 內宅配至實驗室，立即進行試驗。

### 試驗方法

將二種採收方式所得之果實逐果編號、秤重，再直立置於紙箱中，分別進行 0、1、2 週之冷藏 ( $12.5 \pm 2^\circ\text{C}$ )，與冷藏後加 4 天櫥架 ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 之 6 種貯藏試驗後，分別測定果實內部褐化 (internal browning) 程度及酶活性，每樣本為 1 果，計 5 重複。

**果實內部褐化程度及貯藏壽命之調查：**果實內部褐化程度測定方式按 Paull 和 Rohrbach (1985) 所述，即依症狀分 1 級 (褐化面積佔果心及其附近果肉面積 1–2%)、2 級 (褐化面積佔 3–5%)、3 級 (褐化面積佔 6–10%)、4 級 (褐化面積佔 11–25%)、5 級 (褐化面積佔 26–50%) 及 6 級 (褐化面積佔 51–100%) 等 6 個等級。當果實內部褐化程度達 4 級時，即視為喪失櫥架壽命。

**酶活性分析：**取樣時切取果心部位，以液態氮固定後置於  $-70^\circ\text{C}$  冷凍櫃中備用。酶活性分析時取出，樣品不經回溫直接分析，測定項目包括：

**苯丙氨酸解氨酶活性分析：**苯丙氨酸解氨酶活性測定方法依 Zhou 等 (2003)，修改為秤取新鮮果心組織 10 g，置於冰浴中，以海砂及含 5 mM  $\beta$ -mercaptoethanol、2 mM EDTA 及 1% PVPP (w/v) 配置成硼酸緩衝液 (borate buffer; 0.1 M, pH 8.8) 15 mL 進行研磨，於  $4^\circ\text{C}$  靜置 1hr 後濾取 (Advantec 濾紙) 澄清液，再以 12,000 rpm 離心 15 mins 取上清液，於  $40^\circ\text{C}$  震盪 (含其後所稱震盪皆為 50 rpm 水浴) 15 mins 成酶萃取液，取 0.25 mL 萃取液加入含 60 mM L-苯丙氨酸之硼酸緩衝液為反應液 2.75 mL，於  $40^\circ\text{C}$  震盪 1 hr，之後加入 6N HCl 0.1 mL 終止反應。反應液以分光光度計 (日本島津公司出品，型號 UV-1601) 測定 290 nm 吸光值。以含 60 mM L-phenylalaninein 之硼酸緩衝液 3 mL 及 6N HCl 0.1 mL 之溶液為空白做為活性比對，PAL 活性以每小時每克鮮重之測定值  $\text{OD}_{290} \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  表示。

**多酚氧化酶及過氧化酶活性分析：**二種酶之萃取方法按 Lee 和 Smith (1979) 所述，修正為秤取 1 g 樣品，於冰浴中加入海砂及磷酸緩衝溶液 (phosphate buffer; 0.1 M, PPO 測定所用者為 pH 7.4，POD 測定所用者為 pH 6) 5 mL 進行研磨，其過濾、離心取上清液備用步驟如前述 PAL 方法。測定 PPO 活性時，以磷酸緩衝溶液 1.9 mL 加入 0.5 M 兒茶酚 0.2 mL，於  $25^\circ\text{C}$  震盪 15 mins 以穩定溫度製成反應液，加入前述製備之上清液 0.1 mL，以分光光度計測定 420 nm 吸光值。POD 活性之測定則按 Johnson 和 Cunningham (1979) 所述，修正為反應基質以含 3.6 mM 創癒木酚之磷酸緩衝液 2 mL，加入蒸餾水 0.4 mL 及 13.5 mM 之  $\text{H}_2\text{O}_2$  0.2 mL，於  $25^\circ\text{C}$  震盪 15 mins 以穩定溫度製成反應

液，加入前述製備之上清液 0.1 mL 震盪 3 mins，再以分光光度計測定 470 nm 吸光值。二種酶測定時皆以其反應液為空白組做為比對標準，PPO 及 POD 活性分別以其樣品組比對空白組在  $OD_{420}$  及  $OD_{470}$  波長下 1 min 內的數值變化量，並分別以每分鐘每公克鮮重之  $OD_{420}$  增加量  $\Delta OD_{420} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  及  $OD_{470}$  變化量  $\Delta OD_{470} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  表示。

## 結 果

### 採收方式對果實內部褐化程度及櫥架壽命之影響

鳳梨果實採收後，在 24 hrs 內運抵實驗室時，徒手摘取果實之果梗傷口不平整，並已褐化，鐮刀割取之果梗則切面平整完好，經  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  櫥架放置 4 天，徒手摘取之果實縱切面，目視可見果梗傷口褐化已蔓延至基部果心處，而鐮刀割取之果實在外觀上無明顯異常。果實在  $12.5 \pm 2^\circ\text{C}$  冷藏 1 週及  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  下櫥架 4 天，徒手摘取之果實基部果心與果梗接合處組織已呈現褐化水浸狀，並由基部向頂部蔓延而影響果實內部之外觀，內部褐化達 3.8 級。冷藏時間延長至 2 週再經  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  櫥架 4 天，則所有徒手摘取果實之內部褐化症狀皆已達 5.8 級，故評定為喪失櫥架壽命。鐮刀割取之果實，在  $12.5 \pm 2^\circ\text{C}$  下冷藏，果心部褐化程度隨時間之延長而增加，且果實冷藏後再經  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  櫥架 4 天，將使內部褐化程度稍增；唯即使經 4 週冷藏後在  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  下櫥架 4 天，其內部褐化面積仍未達第 4 級 (圖 1)，似仍具販售價值。

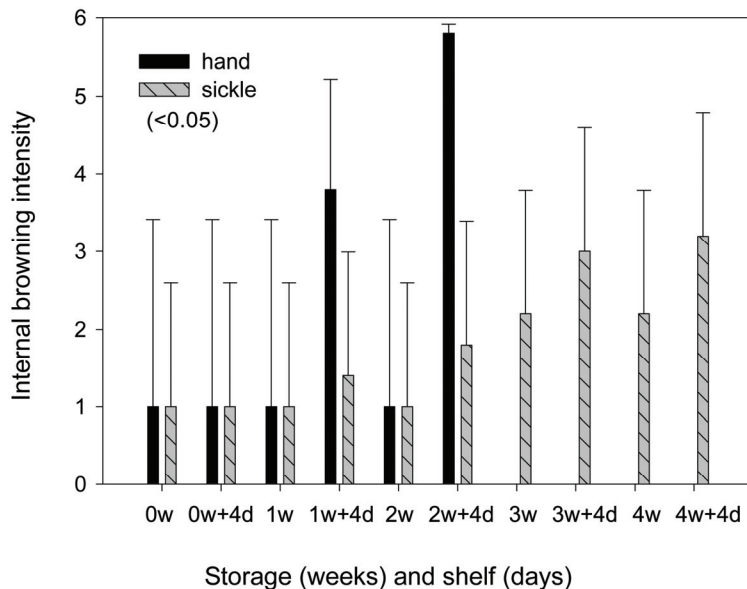


圖 1. 採收方式及冷藏對 '台農 17 號' 鳳梨冷藏於  $12.5^\circ\text{C}$  及在  $25^\circ\text{C}$  櫥架 4 天後果實內部褐化之影響。

**Fig. 1.** Effects of harvesting methods and storage temperature and time on internal browning of pineapple fruits (cultivar TN 17). w= weeks of storage in cold room at  $12.5^\circ\text{C}$ ; d= days of storage on shelf at  $25^\circ\text{C}$ . Note the significant differences in intensity of internal browning of pineapple fruits between hand-harvest and sickle-harvest fruits in the treatments of 1w + 4d and 2w + 4d.

### 採收方式對果實酶活性之影響

運抵實驗室當天，徒手摘取之果實 PAL 活性為  $0.71 \text{ OD}_{290} \text{ hr}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ，顯著高於鐮刀割取果實之  $0.49 \text{ OD}_{290} \text{ hr}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ ，經  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  下櫥架 4 天，二採收方式之 PAL 活性皆呈現增加情形，分別為  $0.85$  及  $0.53 \text{ OD}_{290} \text{ hr}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$  (表 1)。徒手摘取之果實 PPO 活性僅較鐮刀割取果實稍高，且未達顯著差異，至於 POD 活性則無明顯差異。不論採收方式為何，鳳梨果實 PAL 活性隨冷藏時間延長而增加，櫥架後之情形亦同，唯徒手摘取之果實，在經 2 週冷藏及  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  下櫥架 4 天後，其活性不會再增加。此外，不論冷藏期間為何及是否經過櫥架，徒手摘取之果實 PAL 活性皆較鐮刀割取之果實高，顯示徒手摘取會使果實之 PAL 活性增加 (表 1、表 2)。

表 1. 採收方式對 '台農 17 號' 鳳梨果實冷藏於  $12.5^\circ\text{C}$  及在  $25^\circ\text{C}$  櫥架 4 天後 PAL 活性之影響

Table 1. Effects of harvesting methods on phenylalanine ammonia lyase (PAL) activities of pineapple fruits (cultivar TN 17) in postharvest storage.

Storage temperature ( $^\circ\text{C}$ ) and period (d) <sup>z</sup>	PAL activity ( $\text{OD}_{290} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ )	
	Hand-harvest	Sickle-harvest
$25^\circ\text{C}$ 0 d	0.71 c <sup>y</sup> A <sup>x</sup>	0.49 c B
$25^\circ\text{C}$ 4 d	0.85 bc A	0.53 c B
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d	0.86 bc A	0.51 c B
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	0.97 b A	0.64 b B
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d	1.16 a A	0.72 b B
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	1.13 a A	0.86 a B

<sup>z</sup>  $25^\circ\text{C}$  = storage temperature on shelf;  $12.5^\circ\text{C}$  = storage temperature in cold room.

<sup>y</sup> LSD:--abc for storage temperature and period. Means in each column with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>x</sup> LSD:--AB for different harvest methods (hand-harvest and sickle-harvest) with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

表 2. 採收方式對 '台農 17 號' 鳳梨果實冷藏於  $12.5^\circ\text{C}$  及在  $25^\circ\text{C}$  櫥架 4 天後 POD 活性之影響

Table 1. Effects of harvesting methods on peroxidase (POD) activities of pineapple fruits (cultivar TN 17) in postharvest storage.

Storage temperature ( $^\circ\text{C}$ ) and period (d) <sup>z</sup>	POD activity ( $\Delta\text{OD}_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ FW}$ )	
	Hand-harvest	Sickle-harvest
$25^\circ\text{C}$ 0 d	5.71 a <sup>y</sup> A <sup>x</sup>	6.23 ab A
$25^\circ\text{C}$ 4 d	5.69 a A	6.29 ab A
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d	5.55 a A	5.18 bc A
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	4.88 a A	4.30 c A
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d	3.86 b B	7.08 a A
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	4.97 a A	3.94 c A

<sup>z</sup>  $25^\circ\text{C}$  = storage temperature on shelf;  $12.5^\circ\text{C}$  = storage temperature in cold room.

<sup>y</sup> LSD:--abc for storage temperature and period. Means in each column with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>x</sup> LSD:--AB for different harvest methods (hand-harvest and sickle-harvest) with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

徒手摘取及鐮刀割取之鳳梨果實，未貯藏前 PPO 活性分別為 2.93 及 2.35  $\Delta\text{OD}_{420} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ，在  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  下櫥架 4 天，則徒手摘取者降為 2.64  $\Delta\text{OD}_{420} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ，但鐮刀割取者活性增為 3.11  $\Delta\text{OD}_{420} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 。經  $12.5 \pm 2^\circ\text{C}$  貯藏 1 週，活性皆略為降低，唯徒手摘取者 PPO 活性仍顯著高於鐮刀割取者。冷藏 1 週加 4 天櫥架，徒手摘取之 PPO 活性持續降低，而鐮刀割取者之 PPO 活性則仍增高。貯藏期延長至 2 週，則徒手摘取者之 PPO 活性仍呈降低趨勢，直到貯藏 2 週加 4 天櫥架後，此處理之果實 PPO 活性才不降反升，而鐮刀割取之果實則無此情形 (表 3)。冷藏時間延長也使 POD 活性降低，徒手摘取之果實自開始試驗當日所測得之 5.71  $\Delta\text{OD}_{470} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ ，經冷藏 1 週、冷藏後櫥架 4 天、冷藏 2 週等逐漸降低至其原活性的 0.68，直到經 2 週冷藏加櫥架 4 天後，活性又再增加。而利用鐮刀割取之果實，冷藏亦使其 POD 活性降低，冷藏後再經 4 天櫥架，亦同樣呈現活性降低之情形 (表 2)。

## 討 論

### 採收方式對果實內部褐化程度及櫥架壽命之影響

以徒手摘取鳳梨果實之果梗在經 1 天運輸後，不平整之傷口上已呈褐化，但鐮刀割取之果梗則仍平整而尚未呈現顏色之改變。徒手摘取之果實 PAL 活性顯著高於鐮刀割取之果實，PPO 活性僅稍高於鐮刀割取之果實，且差異未達顯著水準，POD 活性似與採收方式無關 (表 1、表 2 及表 3)。果實在  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  櫥架 4 天後，徒手摘取之果實果心已呈現褐化，而鐮刀割取之果實則無明顯異常。經  $12.5 \pm 2^\circ\text{C}$  冷藏再經  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  櫥架 4 天，則徒手摘取之果實已因褐化及水浸狀等異常而影響外觀，但鐮刀割取之果實似仍具商品價值。

表 3. 採收方式對 '台農 17 號' 鳳梨果實冷藏於  $12.5^\circ\text{C}$  及在  $25^\circ\text{C}$  櫥架 4 天後 PPO 活性之影響

Table 1. Effects of harvesting methods on polyphenol oxidase (PPO) activities of pineapple fruits (cultivar TN 17) in postharvest storage.

Storage temperature ( $^\circ\text{C}$ ) and period (d) <sup>z</sup>	PPO activity ( $\Delta\text{OD}_{420} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ )	
	Hand-harvest	sickle-harvest
$25^\circ\text{C}$ 0 d	2.93 a <sup>y</sup> A <sup>x</sup>	2.35 bc A
$25^\circ\text{C}$ 4 d	2.64 ab A	3.11 ab A
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d	2.19 bc A	1.59 c B
$12.5^\circ\text{C}$ 7 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	1.49 c A	2.03 c A
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d	1.69 c B	3.42 a A
$12.5^\circ\text{C}$ 14 d + $25^\circ\text{C}$ 4 d	1.91 c A	1.67 c A

<sup>z</sup>  $25^\circ\text{C}$  = storage temperature on shelf;  $12.5^\circ\text{C}$  = storage temperature in cold room.

<sup>y</sup> LSD:--abc for storage temperature and period. Means in each column with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>x</sup> LSD:--AB for different harvest methods (hand-harvest and sickle-harvest) with the same letter are not significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

採收時留取較長果梗，俟集貨場作業時再進行果梗切齊處理，可使 Queen 系統 'Mauritius' 品種之鳳梨果實，在 10°C 冷藏 2 週後仍保有 90% 正常果實 (Wijleratnam *et al.* 1993)，亦可使以貯運性較 Queen 系更佳的 Spanish 系 (Nakasone & Paull 1999) 為父本之 'N36' 品種之果實，在 8°C 冷藏 3 週再經 20°C 下櫥架 3 天，仍未呈現果心褐化。反觀徒手摘取致使 12°C 冷藏 2 週之鳳梨果實呈現果心輕微褐化 (Zhou & Tan 1997)，甚且可能使冷藏於 12°C 1 週再經 7 天櫥架的果實，果心褐化發生率超過 70%，且冷藏期延長至 2 週再經 7 天櫥架，則果心褐化發生率超過 90% (Paull & Rohrbach 1985)。本試驗中有相同的結果，徒手摘取果實在 12.5 ± 2°C 冷藏 2 週再經 25 ± 2°C 櫥架 4 天，外觀已呈異常，但鐮刀割取之果實似仍具商品價值。

### 採收方式對鳳梨果實酶活性之影響

徒手摘取之鳳梨果實經 2-4 週冷藏後，下半部已呈褐化症狀之部位，其 PAL 活性、兒茶酚、綠原酸 (chlorogenic acid) 及咖啡酸等含量，顯著較未顯現褐化之上半部高 (Zhou & Tan 1997)，此與本試驗得知，徒手摘取將促使果實 PAL 活性增加之結果相符。PAL 為植物對逆境反應之關鍵角色 (Dixon & Paiva 1995; Holger & Schulz 2004; Saltveit 2000)，創傷會誘導 PAL 活性增加，並因此重新合成新生酚類物質，而這些新生酚類物質與原存於液胞中之可溶性酚類物質，皆可造成果實褐化 (Lichter *et al.* 2000)。因此，本試驗之果實經櫥架 4 天，PAL 活性較試驗當日採收者增加，而以徒手摘取之果實在 12.5 ± 2°C 冷藏 1 及 2 週其活性分別增加 21.1% 及 63.4%，而鐮刀割取之果實僅分別提高 4.1% 及 46.9%，顯示採收時因握緊果實並折取，且造成創口不平整之創傷，較鐮刀割取時不直接施力於果實且傷口平整，與 PAL 活性及果心褐化有關。

鳳梨果實組織內 PPO 活性隨冷藏時間之延長而提高，亦隨果心褐化程度之增加而增加 (Stewart *et al.* 2001; Zhou *et al.* 2003)，但移回常溫後則又降低。本研究之鳳梨果實經冷藏 1 週再經櫥架 4 天，甚至冷藏時間延長至 2 週，果實 PPO 及 POD 活性皆呈降低趨勢，僅冷藏 2 週再經 4 天櫥架後，PPO 及 POD 活性不降反升，而鐮刀割取之果實則 PPO 及 POD 活性皆呈降低趨勢。Zhou 等所採用者為開英種 (Smooth Cayenne)，分析部位為果肉，而本研究採用國內自行選育之 '台農 17 號' 鳳梨果實，且分析部位為果心組織，推測此差異可能導致分析結果之不同。再者，PPO 為果實酵素性褐變的關鍵酵素 (Mater 1987)，當組織褐化時其活性增加，而本研究之採樣時機為冷藏後取出立即採樣，或置於 25 ± 2°C 櫥架 4 天後再採樣，是否因採樣時機之差異而造成結果略有不同，需進一步釐清。此外，徒手摘取之果實在 12.5 ± 2°C 冷藏加 25 ± 2°C 櫥架 4 天後，果實之 PAL 活性已不再呈增加趨勢，然 PPO 及 POD 活性卻反而增加，是否肇因於果實內部出現某種生理變化，亦有待深入探討。

## 誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會 96 農科-4.2.2-農-C4 計畫補助經費、農糧署 94 農科-1.3.2-糧-Z1 及 95 農科-1.3.2-糧-Z1 計畫補助經費，本所嘉義試驗分所官青杉先生及屏東縣瑪家鄉吳堅銘先生協助試驗始得以完成，謹此誌謝。

## 引用文獻 (Literature cited)

- Wang, Y. Y., K. J. Huang, C. H. Tang, and T. C. Lee. 2004. The investigation of the injury to the pineapple fruits during plucking and the process of centralizing fruits. p.93–104. *in* the Research and development of pineapple in Taiwan. National Chiayi Univ. Chiayi, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
- Berardinelli, A., V. Donati, A. Giunchi, A. Guarnieri, and L. Ragni. 2004. Damage to pears caused by simulated transport. *J. Food Eng.* 66:219–226.
- Van Canneyt, T., E. Tjjskens, H. Ramon, R. Verschoore, and B. Sonck. 2004. Development of a predictive tissue discolouration model based on electronic potato impacts. *Biosys. Eng.* 88(1):81–93.
- Dixon, R. A. and N. L. Paiva. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7:1085–1097.
- Holger, R. and G. E. Schulz. 2004. Structural basis for the entrance into the phenylpropanoid metabolism catalyzed by phenylalanine ammonia lyase. *Plant Cell* 16:3426–3436.
- Lichter, A., O. Dvir, I. Rot, M. Akerman, R. Regev, A. Wiesblum, E. Fallik, G. Zauberman, and Y. Fuchs. 2000. Hot water brushing: An alternative method to SO<sub>2</sub> fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 18:235–244.
- Lippert, F. and M. M. Blanke. 2004. Effect of mechanical harvest and timing of 1-MCP application on respiration and fruit quality of European plums *Prunus domestica* L. *Postharvest Biol. Technol.* 34:305–311.
- Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1999. Pineapple. p.292–327. *in*: Tropical Fruits. CAB intl. USA. 445 pp.
- Paull, R. E. and K. G. Rohrbach. 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:100–105.
- Stewart, R. J., B. J. B. Sawyer, C. S. Bucheli, and S. P. Robinson. 2001. Polyphenol oxidase is induced by chilling and wounding in pineapple. *Aust. J. Plant Physiol.* 28:181–191.
- Studman<sup>1</sup>, C. J. and M. Geyer. 2002. Modelling the load distribution of stacked apples and other spherical objects. *Biosys. Eng.* 82(1):65–72.
- Wijeratnam, R. S. W., M. Aceyesakere, and P. Surjani. 1993. Studies on black heart disorder in pineapple varieties grown in Sri Lanka. *Acta Hort.* 433:317–323.
- Zhou, Y. and X. Tan. 1997. Mechanism of blackheart development induced by low temperature and gibberellic acid in pineapple fruit. *Acta Hort.* 425:587–593.
- Zhou, Y., J. M. Dahler, S. J. R. Underhill, and R. B. H. Wills. 2003. Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit. *Food Chem.* 80:565–572.

# Studies on Fruits Internal Browning of Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) by Harvest Method<sup>1</sup>

Pai-Chi Syue<sup>2</sup>, Chia-Hui Tang<sup>3</sup>, and Tan-Cha Lee<sup>2,4</sup>

## Abstract

Syue, P. C., C. H. Tang, and T. C. Lee. 2008. Studies on fruits internal browning of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) by harvest method. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:205–212.

Although both hand-harvest and sickle-harvest methods are used for harvesting pineapple fruits in Taiwan, the hand-harvest method is more popular than the sickle-harvest method. However, unlike the smooth cutting surface of the fruit stem by sickle-harvesting, pineapple fruits harvested by hands often resulted in uneven breaks of the stem, creating large wounds with rough surface and, thereby, reduced storage or shelf-life of the harvested produce. Results of this study showed that all the hand-harvested pineapple fruits stored at cold room (12.5°C) for 2 weeks and then moved them onto shelf (25°C) for 4 days, developed severe internal browning of fruit tissues (browning intensity index of 5.8 or >51% of browning tissues) and of no market values; whereas the internal browning of the sickle-harvested fruits was mild (browning intensity index of 2.0 or 3-5% of browning tissues) for the same storage period and conditions. The phenylalanine ammonia lyase (PAL) in harvested pineapple fruits increased with time of storage but the level of PAL in hand-harvested fruits was significantly higher than sickle-harvested ones. The polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) in pineapple fruits decreased with time of storage but there was no significant difference between hand-harvest and sickle-harvest treatments.

**Key words:** Hand-harvesting, Sickle-harvesting, Phenylalanine ammonia lyase, Polyphenol oxidase, Peroxidase, Internal browning.

- 
1. Contribution No.2328 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 3, 2008.
  2. Former graduate student and professor, Department of Horticultural Science, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, ROC.
  3. Assistant Researcher, Chiayi Agricultural Experiment Station, ARI., Chiayi, Taiwan, ROC.
  4. Corresponding author, e-mail: tcllee@mail.ncyu.edu.tw; Fax: (05)2753295.