

筆柿削皮機之研製¹

田雲生、張金元、陳令錫、張旭志²

摘 要

本研究設計並試製一臺筆柿削皮機雛型，可提供給筆柿餅(乾)加工處理之削皮機械化作業應用。本機以人機介面和氣壓裝置為作動元件，採用人工供料及二段式靠模切削，第一段作業係將筆柿正向(蒂頭朝上)置於右側真空吸盤上，先刨除蒂頭邊之果皮；第二段則將筆柿反向(蒂頭朝下)置於左側真空吸盤上與支撐頂桿下壓固定，再接續削皮至尾端。試驗結果顯示，筆柿削皮作業所能容許之最大歪斜角為 12° ，其作業能力為192粒/小時，並可減少反覆觸摸果品所產生之衛生問題，以及避免烘乾後成品較黑而影響商品價值。

關鍵字：筆柿、削皮機、人機介面。

前 言

臺灣柿大多從中國大陸及日本引進栽種，主要產地分布在新竹、苗栗、臺中、南投、嘉義和臺東等地區，2010年種植面積5,348 ha，產量達58,401 ton⁽²⁾。由於柿子的種類繁多，一般依果實在樹上成熟時能否自然脫澀，區分為甜柿與澀柿兩大類，其中前者因成熟度增加，種子會產生如乙醇之揮發性物質，使柿果在樹上自然脫澀；後者則無此現象，必須經過脫澀處理，使果實內可溶性單寧聚集，形成不溶性、結合態的大分子後，方可食用。該二類柿子品系，又可依授粉後形成種子及其果肉產生是否褐斑等，再細分為完全與不完全甜柿、完全與不完全澀柿等四種^(1,2,5,6,7,11)。

筆柿為不完全甜柿之一種，其果實側面看似毛筆尖頭而稱之，因生長期比一般紅柿多出兩個月，所以果實色澤鮮紅、甜度高、口感香Q，不論是鮮食或製成柿餅(乾)，品質、風味各有獨到處，又稱為蜜柿；其價格更具競爭力，不輸日本進口者。根據農友表示，筆柿通常於裝箱運輸的過程中，以碳化鈣(又稱電石、電土)催熟處理，但其鮮食與貯藏時間較短，常因過熟而造成表皮破裂，致影響市場價值與消費者購買意願。為減少裂果損失，並增加農產品附加價值，愈來愈多農友將其加工為柿餅，以提升生產利益。惟筆柿餅加工過程與石柿、牛心柿相同，首要解決的是削皮問題，傳統皆靠人工以不銹鋼刀或銅質刀具削皮，相當地辛苦與費工，希望能機械化作業，以提升效能⁽⁸⁾。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0786號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員、助理研究員、前研究助理。

目前雖有農民嘗試應用牛心柿簡易削皮機進行作業，但因牛心柿外觀近似圓扁形，筆柿則是長條形，二者因切削刀具之迴轉曲率不同而無法兼用。嘉義大學針對牛心柿研發柿子削皮機及去梗修蒂削皮機，其削皮皆以靠模原理，利用彈簧力量使刀架刃部接觸柿果，止塊沿凸輪環運動完成進刀與退刀作業⁽⁸⁾。桃園區農業改良場亦曾研製柿子加工削梗修蒂與削皮機，其削皮方法與嘉義大學開發者類同，但二者最大差異是切削時之夾持方式，前者採刺針插果固定，後者則為真空吸附⁽¹⁰⁾。在其他果蔬削皮機械方面，農業試驗所應用自動控制微處理系統，研製全自動水果削皮機；嘉義大學研製愛玉果粒削皮機，可達到果柄切除、果汁沖洗、果粒削皮等功能；高雄區農業改良場進行連續式青芒果削皮機之研製，可達成連續進料、削皮、自動出料的作業成果；苗栗區農業改良場則研製青木瓜削皮、剖半、切片一貫化作業機；另臺南區農業改良場與本場亦分別針對加工芋頭所需，採批次差速滾筒去粗皮與單粒靠模切削方式進行試驗研製等^(3,4,9,12)，皆可供為相關機械開發之參考。

本研究針對筆柿加工機械化作業需求，設計並試驗研製一臺削皮機械，以期降低人工作業辛苦，改善柿餅加工處理方法，提高作業衛生標準，進而增進柿農的附加收益。

材料與方法

一、機械設計原則

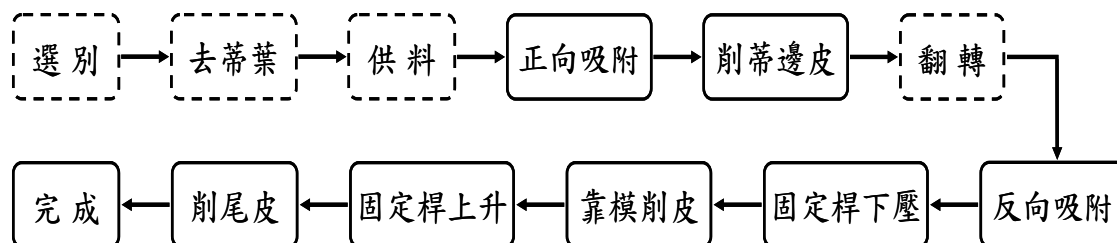
- (一)為減輕人工作業負荷與辛苦，以及注重機械操控方便性等，削皮機以電控驅動氣壓元件作業為規劃方向。
- (二)因應筆柿果實外形或多或少會有差異，機械須有靠模切削之設計要求。
- (三)避免採穿刺等破壞性固定或夾持方式，而以真空吸附為設計原則。
- (四)削皮標的物為食品，須注重操作衛生，機身與臺面應以不易氧化的金屬材料為原則，且果實削皮後儘量避免直接手持觸摸。
- (五)機械削皮儘量完整確實，減少人工補削麻煩，以及考量機械製造成本，擬採單粒化處理、二段切削之作業模式。
- (六)因應控制方便性，採人機介面與觸控式操作。

二、削皮機組裝方式及作業流程

本機依照前述設計原則而使用鋁擠型骨架、不銹鋼臺面，並以氣壓驅動刀具切削，人機介面控制作業。兩段式切削機構並列於機臺正面，控制面板與各類開關固定於機臺右側下方，其餘傳動組件則包覆於機體內側。

削皮作業採人工供料，第一段作業係將筆柿正向(蒂頭朝上)置於右側真空吸盤上，先剝除蒂頭邊之果皮；第二段則將筆柿反向(蒂頭朝下)置於左側真空吸盤上與支撐頂桿下壓固定，再接續第一段之靠模削皮至尾端。當操作人員放妥筆柿後，手壓或腳踩操作按壓開關，機械便依序進行各項動作，俟全部流程完成後才停止，但作業期間若有任何突發狀況，只要再次

觸動按壓開關，則全部動作停止，且各項刀具復歸至起始位置。其作業流程如圖一所示，其中虛線框者係由人工輔助作業，實線框者則為本削皮機之作業項目。



圖一、筆柿削皮機作業流程圖。

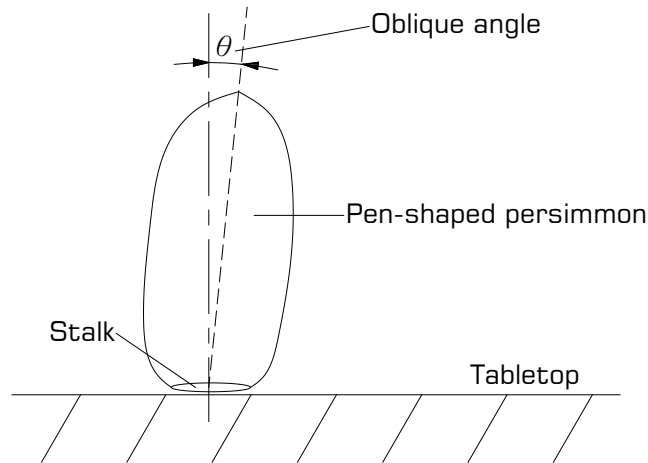
Fig. 1. The flow chart of pen-shaped persimmon peeling operation.

三、試驗設備與材料

- (一)供試設備：研製完成之氣壓作動、人機介面控制之筆柿削皮機雛型。
- (二)供試材料：彰化縣芬園鄉張姓農友提供之筆柿，每粒已去蒂葉之果實平均重量138.35 g、長度84.80 mm、最大外徑56.92 mm。
- (三)量測器材：計時器(電子式，精度0.01 sec)、電子秤(精度0.01 g)、角度規、游標尺等。

四、試驗項目

- (一)削皮機物理性能調查，包括機械全長、全寬、全高、全重等尺寸規格量測；切削刀具型式、尺寸，作業軌跡；電控系統及元件型式等。
- (二)機械削皮適用率測試：將待測筆柿去除蒂葉後，隨機擇取果實300粒，將每一粒置於削皮機第二段吸附盤上，並以支撐頂桿下壓固定，再觸動按壓開關使筆柿迴轉，調查其脫離吸附盤之數目，可稱為機械削皮不適用率(%)；再換算適合採用機械削皮作業之比例，便是削皮適用率(%)；此機械削皮不適用率與適用率之總和為1，即二者互為1的補數(Complement)。另機械削皮不適用者，即不再進行後續之試驗項目。
- (三)機械容許筆柿最大歪斜度試驗：將上述(二)所測得未脫離吸附盤之筆柿蒂頭朝下且平貼於桌面，以角度規量測其尾端偏移鉛垂線之角度(θ ，不考慮正負值)，如圖二所示。設計以每3角度範圍為單位，分別是 $\theta < 3^\circ$ 、 $3^\circ \leq \theta < 6^\circ$ 、 $6^\circ \leq \theta < 9^\circ$ 、 $9^\circ \leq \theta < 12^\circ$ 、 $12^\circ \leq \theta < 15^\circ$ 及 $\theta \geq 15^\circ$ 等6個區間，以探究並標稱本機械作業所能容許筆柿之最大歪斜角度。
- (四)削皮前後之果重變化與果皮廢料重試驗：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，分別以機械與人工各削皮100粒，其中機械僅由1名人力進行供料，並採橫向螺旋狀切削作業；人工則以慣行之縱向直條型切削。量測二者完整削皮前後之重量變化，以及比較機械與人工削皮後之重量及百分比。另，當機械削皮不完整時，其人工補削部份亦併入計算之。



圖二、筆柿歪斜角度示意圖。

Fig. 2. The oblique diagram of the pen-shaped persimmon.

- (五)機械、人工削皮之作業時間與效率比較：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，其中分別以機械與人工各削皮100粒，作業方式與(四)相同，調查每粒筆柿去蒂葉、人工削皮與機械削皮(包括第一段切削、人工送料、第二段切削，但不含最後之人工補修)之平均作業時間，並進行效率比較。
- (六)機械削皮完整率試驗：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，經由機械完成第二段削皮動作後，以目測方式觀察切削結果，若不需要人工再補充削皮作業，即稱為完整削皮，調查其削皮完整率(%)；反之，需要人工再進行補削時，則是未完整削皮；其中削皮未完整率與削皮完整率互為1的補數。另針對必須補削皮之筆柿，以目測概略調查其補削比例(P)，並以每隔10%為範圍，意即區分為 $P=0$ 、 $0 < P \leq 10\%$ 、 $10\% < P \leq 20\%$ 、 $20\% < P \leq 30\%$ 、 $30\% < P \leq 40\%$ 及 $P > 40\%$ 等6個區間，並調查人工補削皮所花費的平均時間。

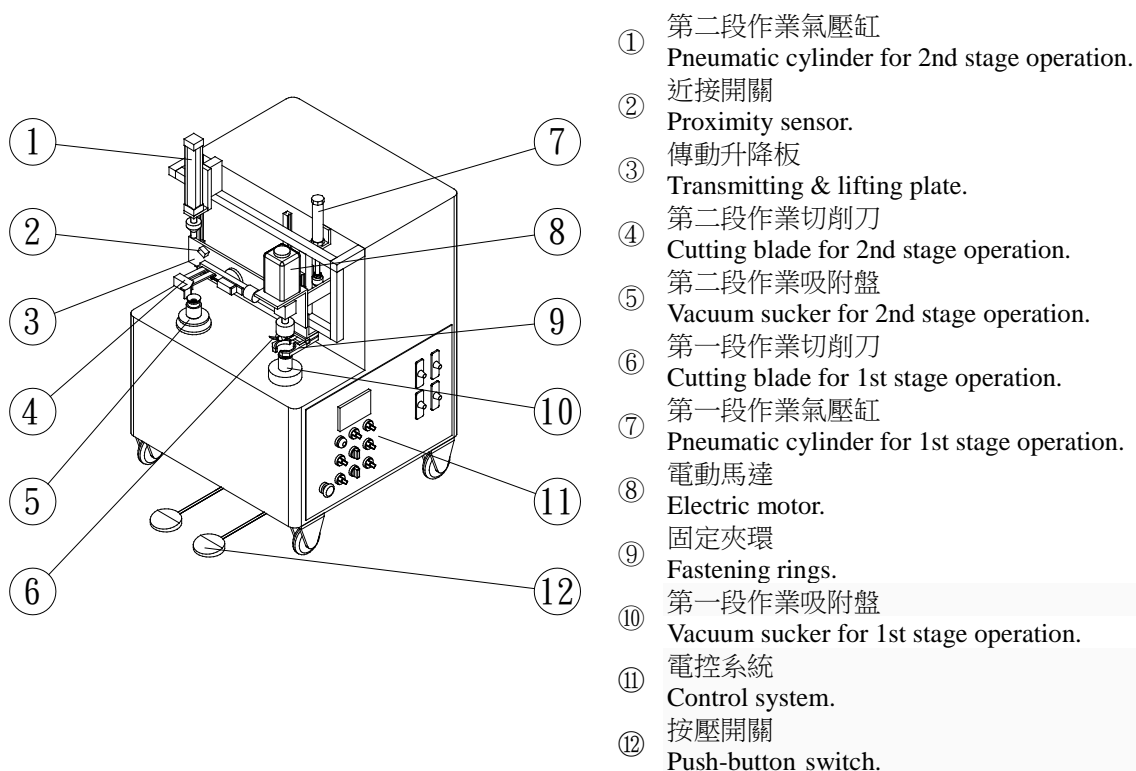
結果與討論

一、依據機械設計原則，研製完成之筆柿削皮機雛型外觀如圖三所示，而其主要構造分為三大部份：

- (一)機臺與電控機構：筆柿削皮機雛型機外部尺寸設計為長800*寬800*高1,300 mm，並以鋁擠型為支撐骨架，不銹鋼鐵板為臺面與封邊等，以確保筆柿加工處理之整潔度，避免生銹與髒污。其臺面高度約580 mm，適合操作人員採坐姿進行第一段切削送料、第二段切削送料，以及手壓或腳踏按壓開關作業等。電控機構包括可程式控制器(PLC)與人

機介面(HMI)設計，第一、二段切削機構之位置控制、速度調整器，以及手動與自動切換、緊急停止開關等。

(二)第一段切削機構：包括喇叭開口型吸附盤(外緣直徑40 mm)、夾環(夾持範圍40-85 mm)、氣壓缸(M14×1.5P)、電動馬達(40W×110V)及迴轉式刨刀(長25 mm)等。當操作人員將筆柿正向置於吸附盤，起動按壓開關後，真空產生器作動將筆柿吸住，且夾環夾持與固定待削筆柿，縱向氣壓缸活塞伸出，帶動電動馬達及迴轉式刨刀等機構下降至適當位置(剛好頂到筆柿蒂頭)時，刨刀迅速迴轉一圈，將蒂頭邊之果皮先予以去除，而後氣壓缸活塞帶動電動馬達及迴轉式刨刀等機構上升並回復至起始位置，夾環放開筆柿，即完成第一段切削作業。

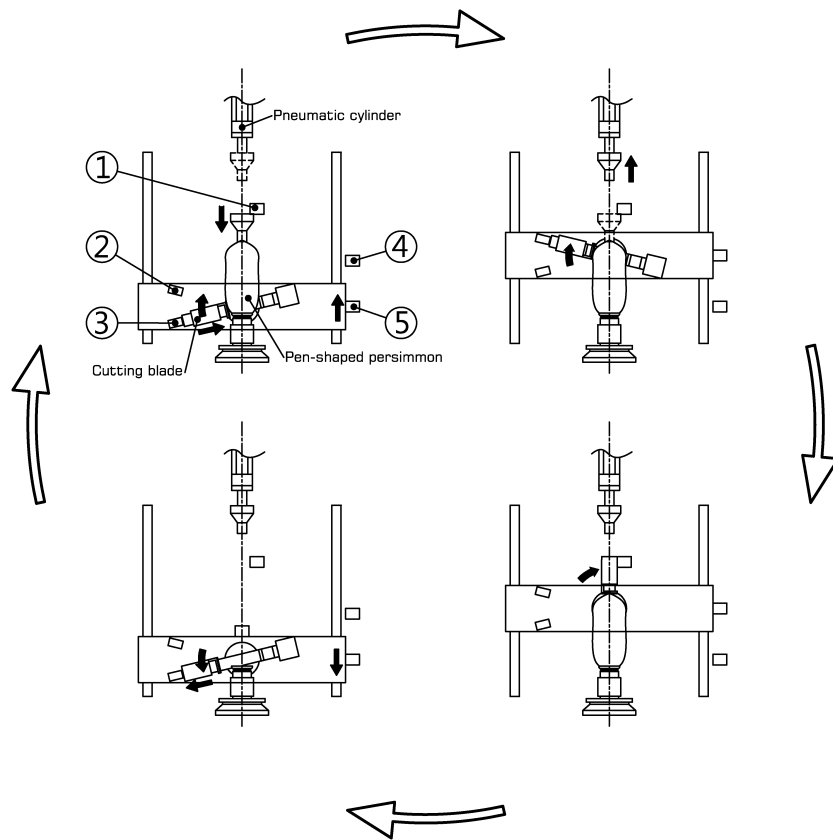


圖三、筆柿削皮機示意圖。

Fig. 3. The structure diagram of the peeling machine for pen-shaped persimmon.

(三)第二段切削機構：包括自轉式喇叭開口型吸附盤(外緣直徑40 mm)、氣壓缸(M25×1P)及靠模擺動式刨刀(長25 mm)等。操作人員將第一段切削完成之筆柿翻轉且反向置於第二段吸附盤上，並觸動另一按壓開關後，真空產生器便作動將筆柿吸住，且縱向氣壓缸活塞伸出(下降)至漏斗型塑膠頭頂到筆柿時，吸附盤帶動筆柿自轉，刨刀藉彈簧力作用與靠模原理，沿著第一段切削位置迴轉削皮，即至筆柿尾端時，氣壓缸活塞上升且

回復至起始點，而刨刀繼續削皮至尾端止，吸附盤停止轉動、刀具復歸，便完成第二段切削動作，再由操作人員取出筆柿並放置於盛盤，供後續進行風乾、烘乾等處理流程。該切削機構之順序控制，皆由刨刀連桿機構經由傳動升降板與5只近接開關(Proximity switch)之偵測而依序完成各部作業，其作動情形如圖四所示。其中近接開關①係切削工作之終止位置感應；近接開關②是氣壓缸活塞回升之位置感應；近接開關③為刨刀尾端切削完成且復歸之位置感應；近接開關④及⑤則是傳動升降板之上、下死點之位置感應。



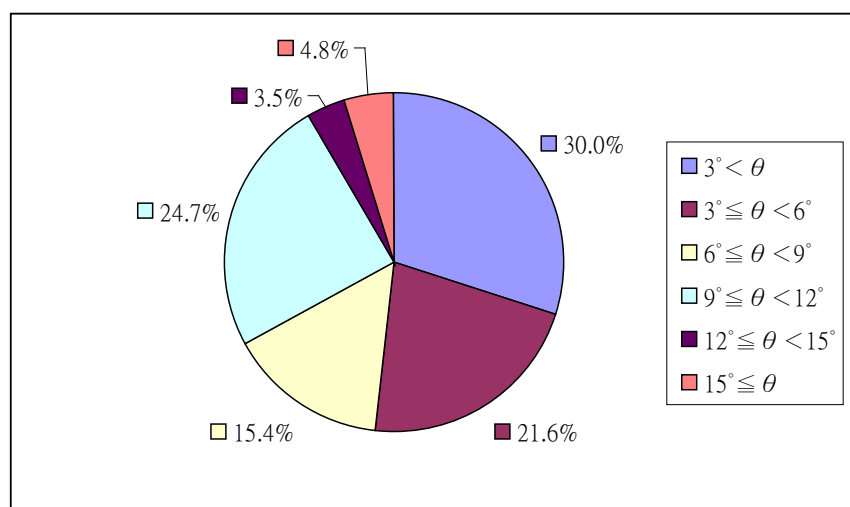
圖四、靠模切削機構示意圖。

Fig. 4. The structure diagram of the approach mold peeling mechanism.

二、機械削皮適用率試驗結果：將各個筆柿分別置於削皮機第二段吸附盤上，進行切削時之吸附穩固試驗。經測試結果顯示，在300粒果實中，有73粒筆柿會因生長歪斜或離心力作用而脫離吸附盤，所以機械削皮不適用率為24.3%；其互為1的補數即削皮適用率為75.7%，適合藉由機械輔助進行削皮作業。探究筆柿果實歪斜原因，主要係其生長密度過高，又缺乏疏果，造成彼此間相互推擠的結果。然筆柿正立俯視呈現圓弧方形，而本機為確保

削皮完整性，切削刀具採靠模設計，故對於果實必定具有某一推力，因此除了吸附盤吸住果蒂外，尚需要藉由支撐頂桿前端之漏斗型塑膠頭下壓並罩住果尾，以避免筆柿因迴轉及刀具推力之作用而脫離吸附盤，造成削皮不適用率增高。

三、機械容許筆柿最大歪斜度試驗結果：針對未脫離吸附盤的227粒筆柿中，其偏移鉛垂線角度範圍之量測結果如圖五所示。可知歪斜角(θ)小於 3° 之比例最高，介於 12° 與 15° 之間者最少；整體歪斜角小於 12° 者即佔91.7%，但大於 12° 的2個區間之比例皆低於5%，且與其他區間之差異至少3倍以上。所以，若兼顧量測誤差，並摒除歪斜角度較低比例範圍者，以及確保機械削皮高適用率等因子，本機可標稱所能容許筆柿之最大歪斜角為 12° ，超過時將有無法確實進行切削作業之疑慮。



圖五、機械容許筆柿最大歪斜試驗結果。

Fig. 5. The testing results of oblique angles of the pen-shaped persimmon.

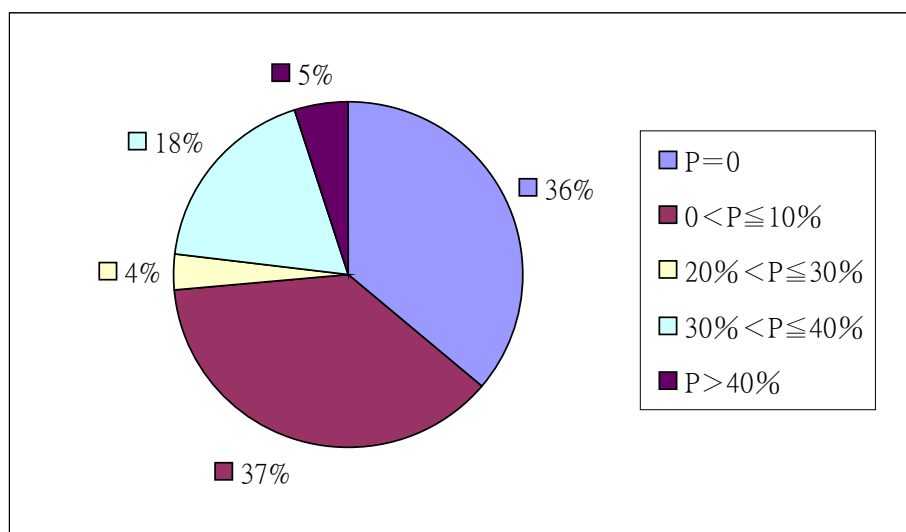
四、筆柿削皮前後之果實重量與果皮廢料重之試驗結果：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，分別以機械與人工各削皮100粒，其削皮前後之果實重量及果皮廢料重量如表一所示，換算可得機械與人工處理之果皮廢料分別占削皮前重量之10.2%與11.7%，意即每粒柿子以機械削皮可減少2.32 g之果皮廢料，此可增加後續加工柿餅的重量與價格；削下之果皮廢料若未再進一步產製堆肥或供作其他用途，則相當於製造14.1%廢棄物。另經試驗發現，傳統人工削皮會有厚薄不一的情形發生，且為確保削皮完整性，每一次切削皆採較寬的重疊，則剝除外皮的同時也削掉一部份果肉，所以損耗自然較多。而機械削皮的厚度較為一致，第一段與第二段切削分別為0.7與0.8 mm，但較嘉義大學研發之柿子削皮機(削皮厚度0.4 mm)⁽⁸⁾高出甚多，經推估可能是二者之標的物(筆柿與牛心柿)、切削軸方向(縱向與橫向)不同所造成的差異。又削皮厚薄不一致的結果，是否會影響後續再生皮的生成，甚或柿餅的口感與品質，可於日後再予以探討。

表一、筆柿削皮前後之果實重量與果皮廢料重量之試驗結果

Table 1. Weight comparison of peering percentage for pen-shaped persimmon

| Items | Average weight (g) | | | Comparison (%) |
|---------|--------------------|---------------|--------------|----------------|
| | Before peeling | After peeling | Peelings (%) | |
| Machine | 138.77 | 124.62 | 14.15 (10.2) | -2.32 (14.1) |
| Labor | 140.84 | 124.37 | 16.47 (11.7) | — |

- 五、機械、人工削皮之作業時間與效率試驗結果：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，分別以機械與人工各削皮100粒，經測試結果可知，每粒柿果以人工去蒂葉之平均時間為8.2 sec，人工削皮則需要49.8 sec；機械作業包括人工供料、第一段與第二段切削，但不含最後之人工補削皮時間，則需花費18.9 sec，可知機械作業能量最快為每小時192個，效率較人工快2.6倍(不計算人工補削皮時間)。惟單獨量測第一段與第二段切削之作業時間，分別為5.1 sec與15.5 sec，其中第二段切削刀復歸時間需10.9 sec，並須俟其回覆到原始位置才能再進行下一次的切削動作，所以第二段作業時間相對耗費較多。若操作前先將筆柿予以篩選，讓果實符合前述適合機械作業者(歪斜角小於 12°)，則整體作業流程就會較為順暢，意即第一段與第二段之切削動作可同時搭配進行，足以縮短等待切削刀復歸所延誤的時間。
- 六、機械削皮完整率試驗結果：隨機擇取適合機械作業之筆柿200粒，經由機械完成削皮動作後，其結果發現，不需人工再補充削皮的筆柿共72個，即其削皮完整率占36% ($P=0$)；反之，削皮不完整率占64%，且不同面積補削皮之比率如圖六所示。



圖六、機械作業後不同面積補削皮之比率。

Fig. 5. The different area ratio of manually re-peeling after machine operating.

由圖可知，機械削皮作業後需再由人工補削皮面積達40%以上者最多，完全不需補削皮者次之，補削皮面積30%以上者達55%，經分析研判應是試驗樣品多為圓弧方形，致刀具靠模切削時，因刀具跳動而造成未完整削皮，使得須補削皮者達到64%之多；另筆柿切削迴轉速度之快慢，亦是影響削皮完整與否的關鍵因子，後續可深入探究之。

結論與建議

完成一臺人機介面和氣壓裝置為作動元件，採人工供料及二段式靠模切削之筆柿削皮機雛型，其對於筆柿削皮之適用率為75.7%，容許柿果最大歪斜角度為鉛錘線左右各12°，作業能量為每小時192個，效率較人工快2.6倍，可供筆柿餅(乾)加工處理之削皮機械化作業應用。

惟雛型機尚有缺失應予以修正，使其作業功能更趨於完善。如第二段切削機構之下壓頂桿，其前端與柿尾接觸之塑膠頭為漏斗型，若能將其修改為喇叭型式，應可增加機械作業所能容許之最大歪斜角度(12°)，並降低柿果被切削刀具推離吸附盤之比例。另切削刀具復歸時間較長，致增加第二段切削時間，若能設法縮短之，將可提升機械整體作業效率。

部份筆柿由蒂頭向下觀之(上視)，呈現圓弧方形投影，其對於靠模切削較為不利，有時刀具會有跳躍而造成不連續削皮的情況發生；另削皮時需調整柿果置於吸附盤之吸力強度與最適迴轉速度，以避免柿果因快速迴轉或碰撞刀具而掉落，造成削皮動作失敗，若能在人工去蒂葉的同時，先剔除外觀較方形的柿子，則更能提升機械輔助削皮之適用性與完整性。

誌 謝

本研究係本場農業科技計畫(96農科-4.2.3-中-D2)之研發成果，試驗期間承蒙林湧湖先生協助機械組裝測試、彰化縣芬園鄉農友張洲府提供筆柿，以及農機研究室全體同仁鼎力配合，方得以順利完成，謹申謝忱。

參考文獻

1. 方新政 2001 柿子栽培管理及利用 臺南區農業專訊 37: 7~12。
2. 行政院農業委員會 2010 農業統計年報
http://www.coa.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/coa/14995/099074.xls。
3. 林建夫 1993 愛玉果粒削皮機之研製 嘉義農專學報 34: 31~52。
4. 林福源 2003 青木瓜削皮、剖半、切片一貫化作業機之研製 中興大學生物產業機電工程學研究所碩士論文。
5. 林榮貴 1996 日本甜柿的重要栽培品種 農業世界 159: 22~28。
6. 林榮貴 1996 柿品種的演化與分類 農業世界 159: 47~51。
7. 康有德 1990 柿 p.843~847 臺灣農家要覽 臺北，豐年社。
8. 陳文彬 1999 柿子削皮機之研製 農業機械學刊 8(2): 47~61。

9. 陳秀文 1995 連續式青芒果削皮機之研究改良 臺灣省高雄區農業改良場研究彙報 5(2): 35~43。
10. 張金發 2006 柿子加工削梗修蒂與削皮機之研發 臺灣農業機械 21(1): 4~6。
11. 張致盛 2000 臺灣栽培柿子品種介紹 甜柿栽培與管理技術 臺中區農業改良場特刊 46: 5~12。
12. 梁連勝、蔡致榮、顏秀榮 1991 全自動水果削皮機之研究 中華農業研究 40(3): 291~296。

Development of Peeling Machine for Pen-shaped Persimmon¹

Yun-Sheng Tien, Chin-Yuan Chang, Ling-Hsi Chen and Hsu-Chih Chang²

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop a prototype of peeling machine to fix into pen-shaped persimmon fruits process. This machine is driven by the human-computer interface and pneumatic devices, which is designed for manual feeding and two-stage cutting by approach mold. In the first stage of operation, the pen persimmon is forward (pedicle upward) placed on the right side of the vacuum suction cups, cut the peels around the pedicle. In the second stage is the pen persimmon reverse (pedicle downward) on the left side of the vacuum suction cups with the support rod pressure placed fixed, and then follow the first stage of relying on the peeling mode to the end. The test results show the machine operation allows pen persimmon maximum skew angle 12° , its working capacity of 192 per hour, and reduce health problems arising from repeatedly touch the fruit, and to avoid the darker finished drying affect the value of the goods.

Key words: pen-shaped persimmon, peeling machine, human-machine interface.

¹ Contribution No. 0786 from Taichung DARES, COA.

² Associate Engineer, Assistant Engineer, Assistant Engineer and former Assistant of Taichung DARES, COA.