

龍眼乾剝肉機之研製

Studies on Dried Longan Flesh-peeling Machine

國立嘉義農專農機科副教授

林 慶 福

Ching-Fu Lin

摘 要

龍眼經烘焙加工後，果粒呈不規則形狀，因含糖量高，粘性增加，如以人工剝肉，工作十分辛苦，作業速度十分緩慢，其每人作業量為2-2.5kg/hr。使用真空式之剝肉方式，除了可減少勞力之需求，且可降低加工成本，又能合乎衛生原則。

真空吸力式剝肉機之機構包括進料及果粒放置裝置、果肉環切裝置、真空剝肉裝置、真空產生裝置及控制箱等部分。由試驗顯示：(1)剛烘焙後的龍眼乾肉與市場銷售的龍眼肉，進行含水率測定，其結果，剛烘焙後的龍眼乾肉平均含水率為32.93%市場銷售的龍眼肉平均含水率為35.04%。(2)龍眼乾果肉拉力試驗，龍眼乾果肉厚度0.5mm，當拉力達194.9g，梯度41.64622g/s時果肉被拉斷，果肉厚度1mm，當拉力達649.3g，梯度125.17921g/s時，果肉被拉斷。(3)剝肉試驗以果肉含水率33%，真空度 10^{-3} torr時，剝肉效果為最佳，其剝肉效率約為80%，真空度 10^{-2} torr與 $10^{-2.5}$ torr之剝肉效果相同，兩者之剝肉效率約為70%，但以真空度 10^{-2} torr，所剝的果肉較為完整。(4)真空吸力式剝肉機，每小時作業量為60公斤，人工剝肉量如以每小時2.5公斤計算，真空剝肉方式之作業量約人工剝肉作業量的24倍。

關鍵詞：龍眼乾，剝肉機。

ABSTRACT

After the baking procession, the longans appear irregularly-styled. Besides, the ashension increases because of the high sugar-content. If the flesh-peeling work is dene by hand, not only the work will be hard but also the working speed will be very solw. The average working capacity per person is 2-2.5kg/hr. If the vaccum flesh-peeling work is introduced, we'll both decrease labor need and lower the procession cost. What's more, it corresponds with the wholesome regulations.

The structures of a vacuum-sucking and flesh-peeling machine contain material import, and installations of setting the longans, of cutting the flesh in a ring-styled way, of vacuum

flesh-peeling, of vacuum-producing and of control box.

The experiment shows (1) If we measure the moisture content between the just-baked dried longans and the ones sold in the market, the result says the former ones contain 32.93 % and the latter 35.04 % . (2) From the tension test of the dried longans, we found that the flesh will be dragged down if the flesh thickness is 0.5mm, the tension force reaches 194.9g and the gradient is 41.64622 g/s. And the flesh will also be dragged down if the flesh thickness is 1 mm, the tension force reaches 649.3g and the gradient 125.17921 g/s. (3) The flesh-peeling result is the best when the flesh moisture content is 33 % , and the vacuum degree is 10^{-3} torr. The efficiency is about 80 % . But the results of the vacuum degrees 10^{-2} torr and 10^{-5} torr are the same. Both have the efficiency about 70 % , but the former has a more complete peeled flesh. (4) The working capacity of a vacuum suckling flesh-peeling machine is 60 kg, but the working capacity by hand is 2.5 kg per hour. Therefore, the working capacity of the former is 24 times as much as that of the latter.

Keywords: Dried longan, Flesh-peeling machine.

前 言

龍眼經烘培加工後，其果殼含水率約為 13 %，果殼變為硬且脆，果肉含水率約為 33 %，果粒呈不規則形狀，因含糖量高（果糖或轉化糖 6.16 %，蔗糖 12.73 %），黏性增加，促使果肉緊附在果核上，徒增剝肉加工之困難度。如以一般農產品所用的滾子式之剝肉機構，進行剝肉加工，龍眼乾肉支離破碎，果肉損失相當可觀，且易影響龍眼乾肉之品質及市場價格。以人工剝肉，工作十分辛苦，作業速度非常緩慢，其每人作業量為 2-2.5kg/hr，果農為確保龍眼乾肉之完整性，目前仍然採用傳統式人工剝肉，進行加工工作，由於人工剝肉不合衛生標準，在消費者至上之時刻，唯有精緻衛生的產品，才能廣受消費者的歡迎和喜愛。使用真空式之剝肉方式，除了可減少產地勞力之需求，且可降低加工成本，又能合乎衛生原則，確保龍眼乾肉的市場品質與其獨特的風味。

近年來真空吸力之應用，不論在工業和農業上均有顯著地發展，Chesson 等 (1979)，利用真空分離系統進行棗椰子 (Dates) 之分級，此系統係應用棗椰子的纖維及質量性質，將剛收穫的棗椰子分級為三種不同含水率之等級。游、張 (1990) 利用真空吸力原理，研製蔬菜用真空式播種機，用來

播種小白菜及青江白菜，將種子吸附針裝在中空輪軸上，使呈放射狀，輪軸一端為真空吸力口，當播種機前進時，以吸附針吸取種子，以達到種子配出之目的。陳、張、馮等 (1993) 針對蕃茄、甜椒、西瓜等特殊扁形種子，亦可用來播種屬十字花科圓形種子之振盪式真空播種機。此種播種機是以一可振動式種子槽，種子槽本身以彈性方式固定靠在真空吸附軸上，且在適當位置裝置振盪器。為避免吸附軸內部真空吸力瞬間遭受破壞而使吸力減弱，將吸附軸由原來設計成四個刻劃改為五個刻劃，以改善播種時吸附孔停留在外之吹氣作用處而造成缺播的現象，又可增加機械效率。

本研究之目的是研製真空吸力剝肉機構，將剝殼後的龍眼乾果粒，進行剝肉加工促使龍眼乾肉加工作業一貫化，以提升龍眼乾肉之產品品質及衛生標準。

理論探討

真空吸力式龍眼乾剝肉機構之設計應力求簡化，故障率要少，故真空裝置之選用應考慮裝置所能達到之最低壓力及其有效之工作壓力範圍，以避免果肉過分破碎而影響產品的品質，茲就有關理論簡要說明如下：

目前吾人所能達到的真空狀態為 10^{-13}

mmHg，而一般機械工程學者認為只要低於大氣壓力，能吸引東西的狀態即稱為真空，真空係以大氣壓為基準，且受大氣壓力的變動而影響，其與氣體的量、壓力、分子數、密度及氣體的自由動徑（mean free path）等因素有密切的關係。

氣體的平均自由動徑是一重要討論因素，氣體的平均自由動徑愈大，表示在高度真空時，氣體分子要移動很長的距離，才會碰撞到另一個分子，但實際上因受容器的限制，氣體分子尚未碰到其他分子之前已撞及器壁，故在高真空時，氣體分子間之相互作用通常可忽略不計，在一般文獻中所列的氣體分子係指空氣分子。其數值為空氣中各成分氣體混合平均值。因各種氣體分子的平均自由動徑在相同溫度及壓力下並不相同，其與分子大小有關，分子小的氣體其平均自由動徑較大，反之則小。通常氣體的平均自由動徑可以下式計算之。

$$\lambda = \frac{1}{n\pi r^2} \quad (1)$$

上式中 λ 為平均自由動徑， r 為分子半徑， n 為單位體積內之分子數。而一般氣體分子直徑均在 10^{-8} cm 的範圍內，至於單位體積內的分子數，則隨氣壓與溫度而變，在真空中因氣體分子十分稀少，故可適用理想氣體定律，此定律可以(2)式表示之。

$$P = nkT \quad (2)$$

上式中 P 為氣體壓力， T 為絕對溫度， K 為 Bolts mann's constant $K = 1.3805 \times 10^{-16}$ erg/k⁰， n 為每單位體積分子數，若壓力單位為托爾 $n = (6.023 \times 10^{23} / 6.236 \times 10^4)$ 代(2)式入(1)式而得下式。

$$\lambda = \frac{KT}{P\pi r^2} \quad (3)$$

由上可知在某一溫度時， λ 是隨壓力 P 而變，一般真空應用，因系統中的氣體均為空氣，故可用下式計算 λ 值，此式係應用於普通之室溫。

$$\lambda = \frac{5 \times 10^{-3}}{P} \quad (4)$$

氣體在單位時間內流經真空系統管路斷面之數量稱為氣體流通量，而氣體的数量通常以此氣體分子數表示。當氣體在穩定狀況時，其單位壓

力差下的氣體流通量稱為氣導，如管路在斷面 1 與斷面 2 之氣壓分別為 P_1 、 P_2 ，在這兩斷面的抽氣率為 S_1 、 S_2 ，由於氣流為連續性，氣體流通量 (Q) 可由下式計算而得之。

$$Q = P_1 S_1 = P_2 S_2 = PS \quad (5)$$

由氣導定義及(5)式，可得氣導 (C) 如下式。

$$C = \frac{Q}{P_1 - P_2} = \frac{PS}{P_1 - P_2} \quad (6)$$

真空系統管路連接可分串列式及並列式，當管路屬於串列式時，設各管路氣導為 C_i 而壓力為 P_i 其關係如圖 1-a 所示，因管路各處的流量一定，所以 $P_1 - P_2 = (P_1 - P_{11}) + (P_{11} - P_{12}) + (P_{12} - P_{13}) + \dots = Q(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots)$ ，其合成氣導 C 為

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} \quad (7)$$

當管路為並列時，因其管路中各點壓力差均為 $P_1 - P_2$ ，如圖 1-b 所示，故 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = (P_1 - P_2)(C_1 + C_2 + C_3 + \dots)$ ，其合成氣導 C 為

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (8)$$

氣導的倒數 $\frac{1}{C}$ 稱為管路阻抗 (impedance)，以符號 W_i 表示之，如下式。

$$W_i = \frac{1}{C} \quad (9)$$

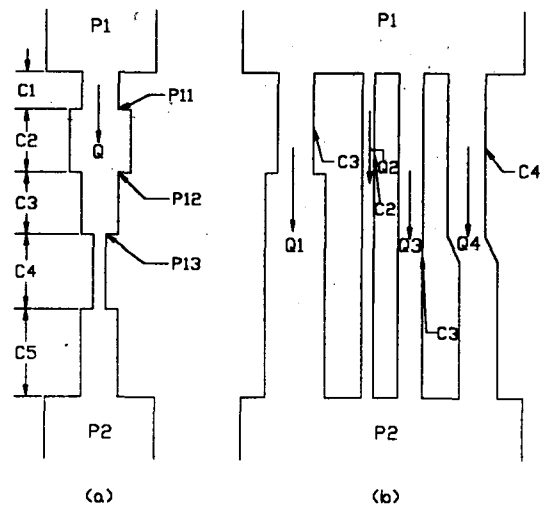


圖 1. 氣導的合成

將(6)式重寫並代入管路阻抗(9)式，則可得

$$P_1 - P_2 = PSW_1 = QW_1 \dots\dots\dots (10)$$

在真空管路中，因氣體稀少，故可用理想氣體定義，求得氣體的體積與壓力之關係。

$$\Delta PV = nRT \dots\dots\dots (11)$$

上式中 N 為氣體分子數， R 為氣體常數， T 為絕對溫度， V 及 ΔP 分別為氣體在管路中的體積與壓力差。

若管路中氣體的質量流率以 m 表示單位時間內流經管路斷面的氣體質量，則 m/M 為氣體的分子流率 (rate of molecular flow) 即單位時間內流經此斷面的氣體分子數， M 為氣體分子量。由(5)、(9)、(11)式可得

$$W_1 = \frac{M}{m} \frac{(P_1 - P_2)}{RT} \dots\dots\dots (12)$$

將(11)式改寫為

$$\Delta P = \frac{\rho}{M} RT \dots\dots\dots (13)$$

上式 ρ 為氣體在絕對溫度 T 時之密度，代(13)式入(12)式可得

$$W_1 = \frac{\rho}{m} \frac{(P_1 - P_2)}{\Delta P} \dots\dots\dots (14)$$

因氣體在管路中流動情形十分複雜，氣體流動形態也隨壓力而有所差異，因而計算方法亦不相同，為實際應用方便起見，僅以高氣壓低氣壓及真空氣壓等狀況，分別討論如下：

(一)高氣壓 (氣體的平均自由動徑 $\ll$ 二倍管路半徑)：此種情況係屬於中度真空以上的氣體流動，因無亂流現象發生，故可採用層流的理論來計算管路阻抗，若管路為長管 (管長 $\gg$ 管半徑) 及小壓力差 $[(P_1 - P_2) \ll (P_1 + P_2)/2]$ ，根據 Hagen Poiseuilles' 公式

$$W_1 = \frac{12l\mu}{\pi r^4(P_1 + P_2)} \dots\dots\dots (15)$$

式中 r 為管路半徑， l 為管路長度，單位為公分， P 為壓力，單位為托爾， μ 為黏滯係數，單位為 poise (1 poise = 1 g/cm-sec)。若管路為短管 (管長等於管半徑) 及大壓力差 ($P_1 - P_2 \geq \frac{P_1}{2}$)，管路阻抗可由下式計算。

$$W_1 = \frac{\rho}{m} \times 10^3 \dots\dots\dots (16)$$

上式中氣體質量流率 m 可比照氣體流動通過噴咀

(Nozzle) 的方法計算如下式。

$$m = \pi r^2 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{k}} \sqrt{\frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} 2(1333 \frac{P_1}{v})} \dots\dots\dots (17)$$

上式中 V 為比容， K 為等壓比熱與等容比熱之比 (C_p/C_v)，若管路介於兩者之間時，情況較為複雜，Gunther、Jaekel 與 Oetjen 三人導出的約略公式如下：

$$m = \pi r^2 \frac{Mr^2 \frac{k}{k+1} [P_1^2 - P_2^2 (\frac{P_1}{P_2})^{k-1/k}]}{RT_1 l 8 \mu [1 + \frac{m}{\pi r^2} \frac{1}{67} \frac{r^2}{kl} \ln(\frac{P_1}{P_2})]} \dots\dots\dots (18)$$

上式 M 為氣體分子量，單位為克/模耳， R 為氣體常數，單位為托爾公升/度·分子， T 為絕對溫度。上式在較高氣壓及高氣體質量流率時，則可變為(17)式，而如在較低氣壓及低氣體質量流率時，則可變為(16)式。當管路兩端壓力差小時，上式亦可應用於薄壁上之小孔 (orific) 求其氣體質量流率。在此種情況下 $P_1 \rightarrow P_2$ 、 $l \rightarrow 0$ ，小孔半徑為 r 時， $R = 62.37$ 托爾·公升/度·分子，則

$$m = \pi r^2 \times 1333 P_1 \sqrt{\frac{3}{4} \frac{M}{kRT_1}} = 12.66 \times 10^{-2} \pi r^2 P_1 \sqrt{\frac{kM}{T_1}} \dots\dots\dots (19)$$

(二)低氣壓 (氣體分子自由動徑 $\gg$ 二倍管路半徑)：令 A 為管路斷面積， C_s 為斷面之周長 (circumference of oross)，長管管路阻抗 (秒/公升) 為

$$W_1 = 5.15 \times 10^{-2} \frac{IC_s}{A^2} \sqrt{\frac{M}{T}} \dots\dots\dots (20)$$

任何斷面的短管 ($l \approx r$)，任何氣體可用下式求短管管路阻抗。

$$W_1 = 0.275 \left(\frac{3}{16} \frac{IC_s}{A} + 1 \right) \frac{1}{A} \sqrt{\frac{M}{T}} \dots\dots\dots (21)$$

任何形狀之小孔及任何氣體，薄壁上小孔 (壁的厚度 $l \ll$ 小孔半徑 r)，其阻抗公式則為

$$W_1 = 0.275 \frac{1}{A} \sqrt{\frac{M}{T}} \dots\dots\dots (22)$$

(三)真空氣壓：在圓形長管管路，任何氣體之真空氣壓其管路阻抗 (秒/公升) 可用下式計算之

$$W_1 = \frac{l}{r^3} \frac{10^3}{\frac{\pi r}{8 \mu} 1333 \frac{(P_1 + P_2)}{2} + \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\pi RT}{2M}}} \dots\dots\dots (23)$$

而 20°C 之空氣其管路阻抗 (秒/公升)，為

$$W_1 = \frac{1}{r^3} \frac{10^3}{2.9 \times 10^6 \frac{(P_1 + P_2)}{2} + 9.7 \times 10^4} \dots\dots\dots (24)$$

真空裝置所到達之壓力，是裝置能充分排氣，使裝置壓力大致能維持穩定狀態時之壓力。此需取決於裝置的排出氣體量及洩漏量，設真空泵本身所到達壓力為 P_0 ，而裝置到達壓力為 P ，其兩者間之關係如下式表示。

$$P = \frac{Q_0}{S_0} + \sum \frac{Q_i}{S_i} + P_0 \dots\dots\dots (25)$$

右邊第一項取決於洩漏，第二項取決於排出氣體， Q_0 為通過微細孔而流入裝置的空氣總量（總洩漏量）， S_0 為此裝置對空氣之排氣速度， $\frac{Q_i}{S_i}$ 是裝置內的空氣分壓，同樣 Q_i 及 S_i 分別為排出氣體量及排氣速度。在實際裝置中 Q_i 、 S_i 不為零，故裝置所到達之壓力，應不低於真空泵本身之值。

排氣速度的測定，在操作真空裝置時，必須瞭解真空泵之排氣速度之測定方法，測定時可以下列公式示。

$$V \frac{dP_v}{dt} = -P_v S + Q + Q_0 \dots\dots\dots (26)$$

V 為真空室的體積， P_v 為真空室壓力， t 為時間， S 為真空泵的排氣速度， Q 是由洩漏閥流入的氣體量， Q_0 為其他洩漏或排出氣體所致的氣體量。

試驗材料及方法

一、龍眼乾果肉含水率測定

龍眼乾經烘焙加工後，果肉黏附於果核上，其附著的程度，係隨著果肉含水率而異，含水率高有助於剝肉加工，但影響其風味，且不符合衛生原則，含水率低，果肉緊緊附著在果核上，剝肉十分困難，由於本省氣候潮濕，經烘焙加工後的龍眼乾如無法在一定時間內完成剝肉加工，龍眼乾會因回潮而發霉。因此目前一般剝肉加工作業，均在龍眼乾烘焙加工後立即實施，且在人工剝肉時，將果粒預先烘烤，使果肉柔軟，以利剝肉工作之進行，為探討最易於剝肉之龍眼乾肉含水率，茲就果農剛烘焙加工後的龍眼乾肉與市場銷售的龍眼乾肉，進行果肉含水率之測定，以供

剝肉機構設計之參考。

含水率之測定，係將龍眼乾剝殼後，取出果粒再剝下果肉，而擇其果肉以定量分析法，逢機取樣，使用紅外線水分測定器予以測定。

二、龍眼乾果肉拉力試驗

龍眼乾果肉拉力試驗，係以市場銷售的龍眼乾為試驗材料，試驗時先剝去果殼，再剝去果肉，試驗樣品是以相同含水率之龍眼乾，而果肉厚度分別為 0.5mm 及 1mm 的龍眼乾果肉為樣品，利用萬用物性分析儀（Texture Analyser）及微電腦，進行龍眼乾果肉拉力試驗，將試驗所得的結果，做為設計真空吸力剝肉機之參考。

三、龍眼乾果粒幾何形狀之量測

經烘焙加工後的龍眼乾，其果粒呈不規則形狀，欲利用真空吸盤，將龍眼乾果肉吸下，果粒形狀一定要與真空吸盤緊密地配合，才能順利將果肉吸下，欲達到此目的必須精確地量測果肉的幾何形狀，以選擇合適之真空吸盤。本試驗係使用焦距 25mm，F1.4CCD 電視攝影機取像，然後將攝影機之輸出接到即時影像處理器（VS 100-AT, Imaging Technology），而此處理器裝置於 PC/AT 相容微電腦內，再用 13 吋彩色影像顯示氣顯示影像，準確求出果粒形狀之特徵。

四、真空吸力式剝肉機之研製

(一)剝肉機設計構想

1.在作業流程方面

- (1)將剝殼後的龍眼乾果粒預先用烤箱烘烤，使果肉柔軟然後將果粒送到果粒放置盤上。
- (2)在不傷及果核原則下，利用空壓動作控制的切刀，將果粒作環切，使真空吸盤能順利吸取果肉。
- (3)果粒放置盤兩側裝配真空吸盤，真空吸盤係利用真空邦浦產生真空，將果粒上的果肉剝下。

2.機構設計方面

- (1)機構力求簡單，故障少。
- (2)真空吸盤所吸取的果肉要完整，以確保產品之品質。
- (3)操作及維護容易。

(二)剝肉機性能要求

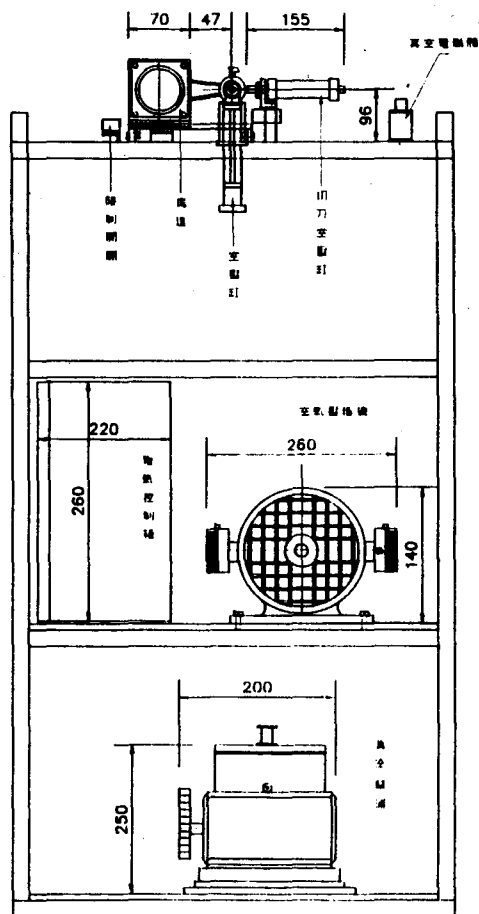
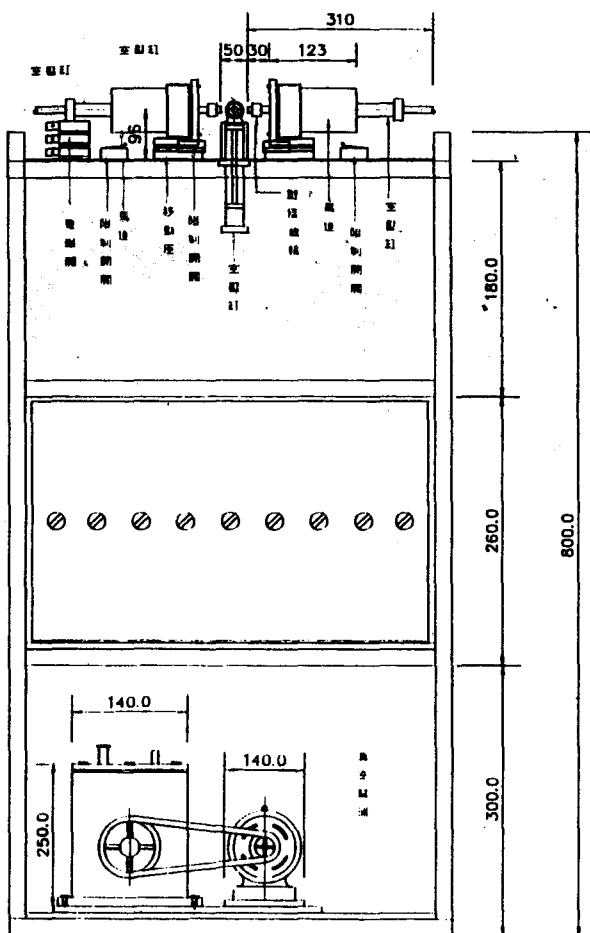
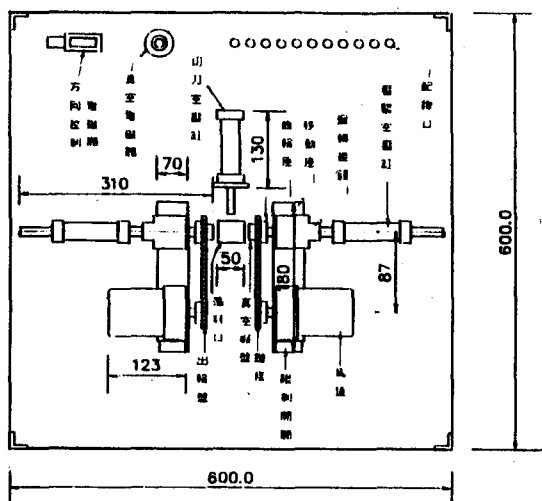


圖 2. 真空吸力剝肉機示意圖

1. 必須比傳統人工剝肉方式快，且須符合經濟效益。

2. 果肉不能支離破碎且須符合衛生原則。

3. 真空吸力剝肉要確實，操作要穩定。

(二) 剝肉機主要機構與功能

真空吸力式剝肉機之設計可分成進料及果粒放置裝置、果肉環切裝置、真空剝肉裝置、真空產生裝置及控制箱等裝置，如圖2之所示。茲依作業順序摘述主要機構及功能如下：

1. 進料及果粒放置裝置：包括帶式輸送進料機構及果粒放置盤，在放置盤上裝配果粒挾持裝置，用以固定果粒。

2. 果肉環切裝置：包括切刀及控制切刀動作之空壓缸，其主要作用係將龍眼乾果粒，在不傷及果核原則，將果粒預先環切，而使真空吸盤能順利剝取果肉。

3. 真空剝肉裝置：包括真空吸盤、限制開關、馬達、壓緊空壓缸、方向控制電磁閥、空氣壓縮機及果肉輸出盤等部分其主要作用，係利用果粒兩側所裝配之真空吸盤將已環切成兩半的果肉予以剝取。

4. 真空產生裝置及控制箱：包括真空幫浦、真空管線、真空電磁閥及控制箱等部分其主要作用是利用真空幫浦產生適當真空度使真空吸盤吸取果肉。

五、剝肉試驗測定

真空剝肉試驗係選用電容真空計進行測試，電容真空計是由感測頭與振盪器、放大器、相位解調器、電源供應與信號顯示等電子單元組成。其特性為靈敏度高、耐用、乾淨及抗腐蝕，壓力讀數與氣體成份無關，量測範圍為 $1\text{atm} \sim 10^{-5}\text{torr}$ 其構造如圖3所示。

剝肉試驗是將龍眼乾果粒放置於真空吸力剝肉機上，利用電容真空計量測管線之真空度，然後調整五種不同的真空度，分別為 10^{-1}torr 、 $10^{-1.5}\text{torr}$ 、 10^{-2}torr 、 $10^{-2.5}\text{torr}$ 、 10^{-3}torr 等五組進行試驗，龍眼乾果肉含水率，係以剛烘焙後的龍眼乾肉及市場銷售的龍眼乾肉含水率所測得之結果為依據，含水率以 33 %、34 %、35 % 等三種處理，每組重複十次測試。

結果與討論

一、龍眼乾果肉含水率測定

本試驗分別以果農剛烘焙加工後的龍眼乾肉及市場銷售的龍眼乾肉進行含水率測定，每組取樣十二次，其結果如表1所示。

表 1. 龍眼乾果肉含水率測定表

	剛烘焙後的 龍眼乾肉	市場銷售的 龍眼乾肉
	%	%
1	32.5	34.6
2	32.7	35.1
3	32.6	34.8
4	32.9	35.4
5	33.1	35.2
6	32.9	34.9
7	33.2	35.0
8	32.8	35.5
9	33.8	34.5
10	32.9	35.2
11	33.2	35.4
12	33.1	34.9
平均	32.93	35.04

由上表得剛烘焙後的龍眼乾肉平均含水率為 32.93 %，而市場銷售的龍眼乾肉含水率為 35.04 %，由於本省氣候潮濕，龍眼乾在貯存期間產生回潮現象所致。

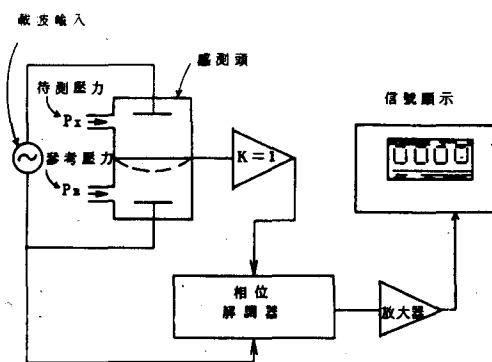


圖 3. 電容真空計之組成示意圖

二、龍眼乾果肉拉力試驗

龍眼乾果肉拉力試驗，係以相同含水率之龍眼乾樣品，果肉厚度分別為 0.5mm 及 1mm，利用萬用性分析儀(Texture Analyser)及微電腦進行果肉拉力試驗，拉力試驗行程為 20mm，樣品面積 1m²，試驗結果如圖 4-5 所示，由圖 4-5 中得知果肉樣品厚度為 0.5mm，當拉力達 194.9g，梯度 41.64622g/s 時，果肉被拉斷。而果肉厚度 1mm，當拉力達 649.3g，梯度 125.17921g/s 時果肉被拉斷。由圖 4-5 顯示不同的果肉厚度，其果肉拉斷時之拉力相差十分懸殊。由於龍眼品種甚多，不同的品種，其果實大小亦不一，果實大者，果肉厚度較厚，果實小者，其果肉厚度較薄，因此使用

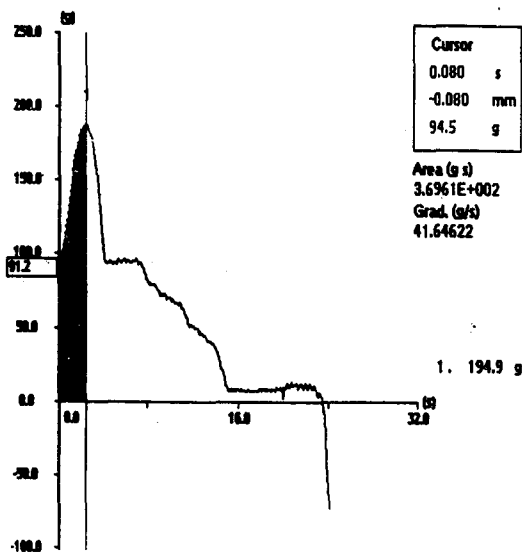


圖 4. 果肉樣品厚度 0.5mm 之拉力試驗

真空吸力式剝肉機，進行剝肉作業時，應適當調整剝肉機之真空度，以確保其剝肉效果。

三、龍眼乾幾何形狀之量測

本試驗係以選別後之龍眼乾，剝殼取出果粒，取樣十二個，進行量測，其結果如表 2 所示。

龍眼經烘焙加工後果粒呈不規則形狀，利用影像處理量測結果，龍眼乾果粒長軸平均長度為 20.54mm，短軸平均長度為 19.06mm，平均周邊長度為 66.91mm，平均投影面積為 320.46mm²。

四、剝肉試驗測定

剝肉試驗係以 10⁻¹ torr、10^{-1.5} torr、10⁻² torr、10^{-2.5} torr、10⁻³ torr 等五種不同之真空度

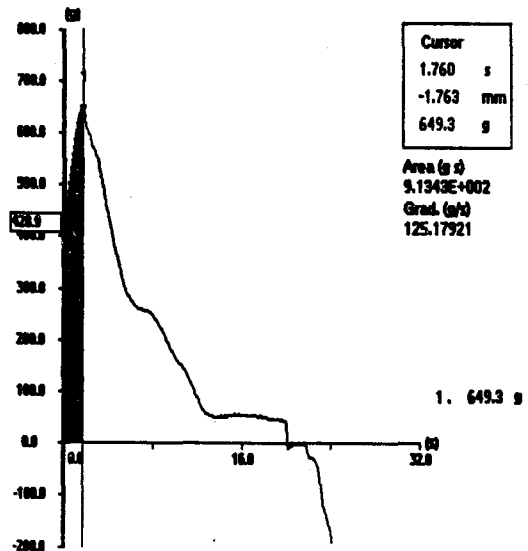


圖 5. 果肉樣品厚度 1mm 之拉力試驗

進行試驗，龍眼乾果肉含水率以 33 %、34 %、35 % 等三種處理，每組重複十次測試，並將所測得數據輸入電腦進行分析，結果如圖 6-10 所示。

由圖 6-10 得知，剝肉效果以果肉含水率 33 %，真空度為 10⁻³ torr 情況下之剝肉效果為較佳，因果肉之含水率低，果粒定位較易，且因真空度大，容易將果肉吸下，其剝肉效率約 80 %，真空度 10⁻² torr 與 10^{-2.5} torr 之剝肉效率皆相同

表 2. 以影像處理量測結果

次數 / 項目	長軸長度 (mm)	短軸長度 (mm)	周邊長 (mm)	投影面積 (mm ²)
1	21.48	20.67	68.98	336.20
2	21.74	18.28	69.86	322.54
3	20.09	18.31	66.33	310.44
4	20.99	19.10	68.45	329.53
5	21.19	19.48	66.82	322.93
6	22.11	19.84	72.17	352.18
7	20.47	18.41	62.66	316.80
8	20.16	19.20	64.15	314.55
9	20.10	18.30	64.11	311.76
10	20.46	19.46	66.73	313.39
11	20.61	19.23	67.43	317.65
12	19.36	18.48	65.28	297.95
平均	20.54	19.06	66.91	320.46

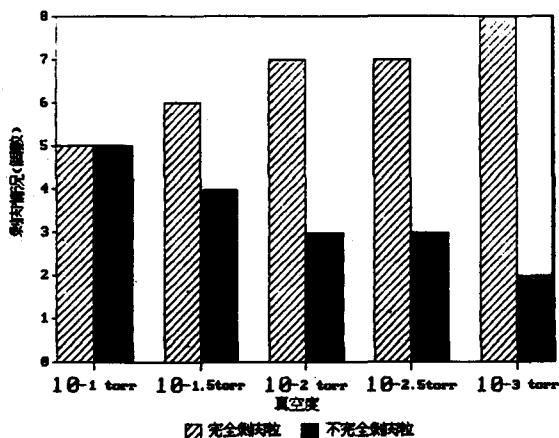


圖 6. 果肉含水率 33 % 之剝肉情況

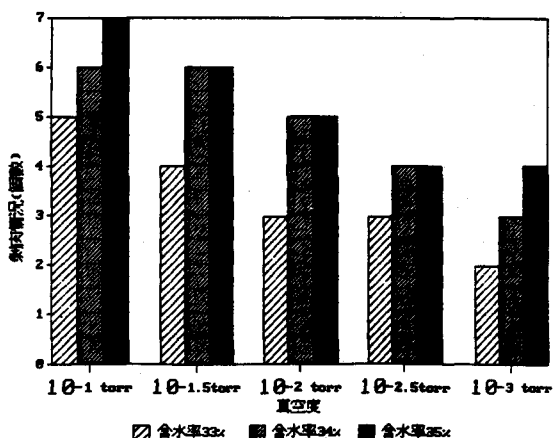


圖 9. 三種不同含水率不完全剝肉之比較

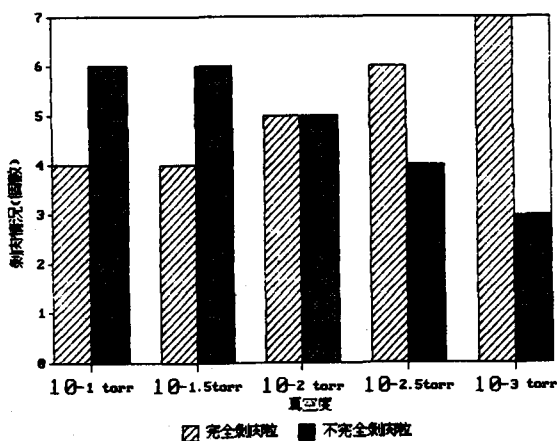


圖 7. 果肉含水率 34 % 之剝肉情況

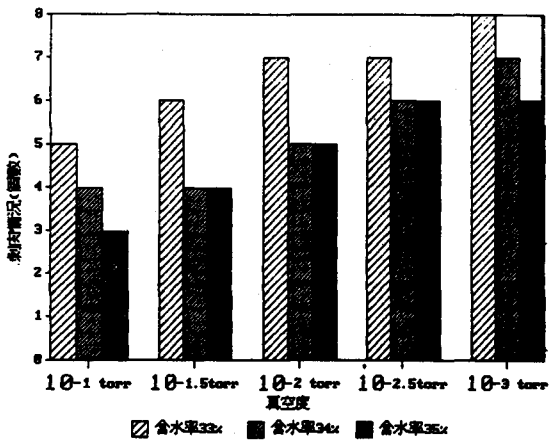


圖 10. 三種不同含水率完全剝肉之比較

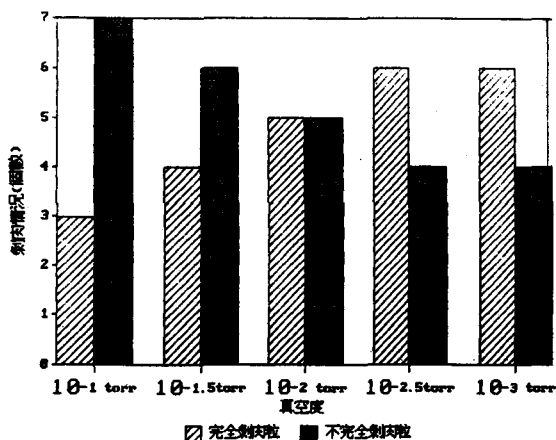


圖 8. 果肉含水率 35 % 之剝肉情況

約 70%，而以真空度 10^{-2} torr 時所剝的果肉較為完整。

五、真空剝肉方式與人工剝肉之比較

使用本研究研製之真空吸力剝肉機，每組真空吸盤，每小時剝肉量約為 6 公斤，基於機體長度之考量，剝肉機是以並列方式裝配真空吸盤，剝肉機僅裝配 10 組真空吸盤，故剝肉機每小時剝肉量為 60 公斤而人工剝肉每小時作業量為 2-2.5 公斤，如以每小時 2.5 公斤計算，使用真空剝肉方式之作業量約人工剝肉作業量的 24 倍。

結 論

龍眼乾果肉含糖量高且富黏性，如使用機械式之剝肉機構，進行剝肉加工，易使龍眼乾果肉

支離破碎，果肉損失相當可觀，且易影響龍眼乾肉之品質及市場價格，本研究採用真空吸力剝肉方式進行剝肉加工除了可減少勞力之需求，合乎衛生原則，又能提高龍眼乾肉之品質。剝肉機包括進料及果粒放置裝置、果肉環切裝置、真空產生裝置及控制箱等部分。其試驗結論如下：

1. 以剛烘焙後的龍眼乾肉及市場銷售的龍眼乾肉，進行含水率測定，每組取樣十二次，其結果剛烘焙後的龍眼乾肉平均含水率為 32.93 %，市場銷售的龍眼乾肉平均含水率為 35.04 %。
2. 龍眼乾果肉拉力試驗，果肉厚度為 0.5 mm，當拉力達 194.9g，梯度 41.64622g/s 時，果肉即被拉斷，果肉厚度為 1mm，拉之力達 649.3g，梯度為 125.17921g/s 時，果肉被拉斷。由此顯示果肉厚度差異過大時，剝肉機之真空度應做適當地調整，以確保其剝肉效果。
3. 利用影像處理量測龍眼乾果粒，其長軸平均長度為 20.54mm，短軸平均寬度為 19.06 mm，平均周邊長度為 66.91mm，平均投影面積為 320.46mm²。
4. 真空吸力式剝肉機之剝肉試驗，以果肉含水率 33 %，真空度為 10^{-3} torr 時，剝肉效果為最佳，其剝肉效率約為 80 %，真空度 10^{-2} torr 與 10^{-3} torr 之剝肉效果相同，兩者剝肉效率均為 70 %，但以真空度 10^{-2} torr 所剝的果肉較為完整。
5. 由於龍眼乾烘焙情形及貯放時間之長短，致使果肉含水率產生變動，而影響其剝肉效率。故建議龍眼乾貯放時間不宜太久，

果粒在剝肉前應先做烘烤工作，以促使龍眼乾果肉柔軟，以降低果肉與果核之黏附性，而增加其剝肉效率。

6. 使用本研究所研製之真空吸力式剝肉機，每小時剝肉量為 60 公斤而人工剝肉每小時作業量為 2-2.5 公斤，如以每小時 2.5 公斤計算，使用真空剝肉方式之作業量約人工剝肉作業量的 24 倍。

參考文獻

1. 林慶福、李芳繁，1993，龍眼乾物理與幾何特性之研究，中國農業工程學報，39(3):103-115。
2. 呂登復，1986，實用真空技術，P119-261，國興出版社，新竹。
3. 張兆豐，1980，機械設計圖表便覽訂正四版，P16a(9)-16a(19)，台隆書局，台北。
4. 陳俊明、陳世銘、張金發、馮丁樹、尤瓊琦等，1993，振盪式多用途真空育苗播種機之研製，農業機械學刊 2(4):33-40。
5. 游俊明、張金發，1990，蔬菜園真空播種機之研製及改良，中國農業工程學報 34(2):63-67。
6. 蘇青森，1980，真空技術，P5-32，東華書局。台北。
7. Roth, A., 1976, Vacuum technology, P197-213, North-Holland company.
8. Chesson, J. H., P. E. Burkner, and R. M. Perkins. 1979. An Experimental Vacuum, Separator for Dates. Transaction of the ASAE 22(1):16-20.

收稿日期：民國 83 年 11 月 8 日

修正日期：民國 83 年 12 月 10 日

接受日期：民國 83 年 12 月 22 日