

# 龍眼乾物理與幾何特性之研究

## Studies on the Physical and Geometric Properties for Dried Longans

國立嘉義農專農機科副教授

國立中興大學農業機械系副教授

林慶福  
Ching-Fu Lin

李芳繁  
Fang-Fan Lee

### 摘要

本研究針對龍眼乾之物理與幾何特性進行試驗，以影像處理量測龍眼乾之長軸與短軸長度、投影面積及投影邊界長，並與手量比較，其結果長軸誤差較短軸小，龍眼乾質量、手量長軸及短軸長度與投影面積均有良好的線性關係。含水率測定，貯放一週後果殼含水率為13.1%，果肉為34.6%，貯放八週後果殼含水率為16.9%，果肉為39.6%。氣體動力試驗，碎殼平均終端速度為6m/sec，果粒為10.1m/sec，龍眼乾固定座與剪切刀片距離9mm時，平均剪切力為2.6kg，間隙10mm時為3.1kg，以間隙9mm時剪切較省力。

關鍵詞：龍眼、龍眼乾。

### ABSTRACT

This research conducted the physical and geometric tests for dried longans. Image processing techniques were used to measure the major axis, the minor axis, the projected area, and the perimeter of the projected area. The measurement errors of the major axis are smaller than those of the minor axis. The mass of the dried longans and the lengths of the major and minor axis measured by hands have good linear relationships with the projected area measured by the image processing method. After one-week storage, the shell and the flesh contained 13.1% and 34.6% moisture, respectively. After eight-week storage, the shell and the flesh contained 16.9% and 39.6% moisture, respectively. The aerodynamic test results show that the average terminal velocity is 6m/sec for broken shells and 10.1m/sec for shelled fruits. The shearing test results reveal that the average shearing force is 2.6kg when the interstice between the shearing blade and the fruit fixing seat is 9mm and it is 3.1kg when the interstice is 10mm.

Keywords : Longan, Dried Longan

## 前 言

龍眼別稱桂圓，學名 *Euphoria Longana* Lamarck，英名 Longan，是由我國名稱音譯，因龍眼原產我國南部，外國多不出產，即使熱帶、亞熱帶地區，龍眼的栽培，目前還是不多。本省栽培以中南部為最多，在省產水果中，歷年均居第四位，近年來因龍眼利用日廣，果品地位提高，栽培面積因而逐年增加，根據台灣省農林廳的調查統計資料，七十八年種植面積為12549公頃，八十年已增加為13186公頃，主要產地分佈於台中、南投、嘉義、台南、高雄等縣，其中以台南縣種植面積為最多。龍眼產期集中於七、八、九月間，由於冷藏保鮮困難，且收穫期又逢颱風季節，故除了部分以鮮果供應給消費者外，大部分經烘焙加工成龍眼乾或將龍眼乾加工成龍眼乾肉以利久藏。龍眼經烘焙加工後，其果殼變得硬且脆，而果肉緊附在種子上，且具高黏性，因而增加了剝殼與剝肉的困難度。目前龍眼乾剝殼剝肉加工完全仰賴人工，工作既辛苦又不經濟且不符合衛生原則，故以機器取代人工實有其必要性。

建立龍眼乾物性資料，是研發龍眼乾加工機械之先決條件。Paulsen等人（1989）應用電腦視覺系統量測玉米種子的長度、寬度和投影面積之研究，以此系統量測玉米種子長度與使用微測器量測相差在0.1mm以內，量測投影面積與計算面積比較之誤差約為1.8%。李（1990）應用影像處理系統量測檸檬之長度、寬度、投影面積與投影邊界長，以Hotelling轉換法及旋轉法量測檸檬長度與寬度。寬度量測誤差之標準差比長度之標準差為小。投影面積與質量、長度和寬度之間均有高相關係數。曾等人（1991）進行台灣產落花生原料之物理特性及一般成分分析之研究。盛等人（1992）利用垂直式風洞以浮力法試驗，以玉米和落花生為對象，針對五種不同的幾何因子（重量、密度、兩種形狀因子、幾何平均粒徑）與終端速度及明顯曳力係數作相關性比較與分析研究。謝等人（1992）應用數位影像處理的理論及相關技術對蔬果大小進行二維選別，並以線性填佈理論建立蔬果品質指標。Howarth等人（1992）應用機器視覺系統判斷胡蘿蔔頂端形狀，進行分級工作。本研究的主要目的是進行龍眼乾之物理與幾何特性試驗，以為龍眼乾加工機械之設計依據。

## 試驗材料及方法

### 一、龍眼果實成分分析：

- (1)水分測定：以AOAC法測定。
- (2)粗蛋白質之測定：以AOAC法之 semi-micro kjeldahl法測定樣品中全氮含量之百分率，再以 $5.46 \times N$ 估計樣品中蛋白質之含量。
- (3)粗脂肪之測定：以果肉、種子、果皮等材料配合AOAC法與AOCS法，以soxhlet乙醚萃取法萃取，再秤出粗脂肪之含量。
- (4)粗纖維、灰分之測定：以AOAC法分析。
- (5)糖質測定：以比色法測定，並配合可溶性無氮法由100減去水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、灰分之和的差值表示之。

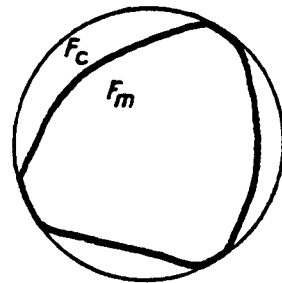
### 二、幾何形狀之量測：

農產品幾何形狀特徵量測指標，包括圓度（roundness）、圓度比（roundness ratio）、球度（sphericity）、軸比（axial ratio）及投影面積不均度（degree of inequality of projected area）等方法，其中以圓度、球度量測較為簡便，茲就圓度、球度定義分別敘述如下：

- (1)圓度（roundness）=  $F_m/F_c$ （圖一）.....(1)

$F_m$ 為物體最大投影面積。

$F_c$ 為物體外接圓面積。



$$\text{Roundness} = F_m/F_c$$

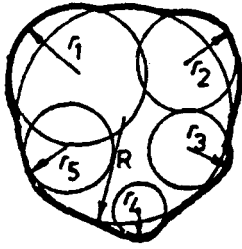
圖一 圓度

- (1)平均圓度（mean roundness）=  $\sum r/nR$ （圖二）.....(2)

$r$ 為物體的曲率半徑。

$R$ 為物體內接圓半徑。

$n$ 為轉角度。

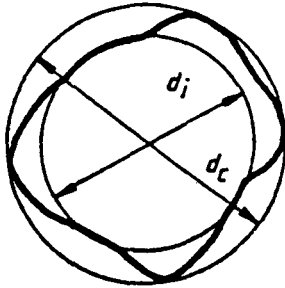


$$\text{Roundness} = \sum r/nR$$

圖二 平均圓度

$$\text{③球度 (Sphericity)} = \frac{d_i}{d_c} \text{ (圖三) } \dots\dots(3)$$

$d_i$  為物體最大內接圓直徑。  
 $d_c$  為物體最小外接圓直徑。



$$\text{Sphericity} = d_i/d_c$$

圖三 球度

由於龍眼乾形狀近似球形，其幾何形狀量測指標，本試驗選用最大內接圓與最小外接圓直徑比量測。

### 三、以影像處理量測幾何形狀：

為求得龍眼乾之精確形狀，本試驗再以影像處理來量測龍眼乾的幾何形狀，然後再與實際手測作比較。

本試驗使用焦距25mm，F1.4 CCD攝影機 (XC-711, SONY) 取像，攝影機之輸出連接到即時影像處理器 (VS-100AT, Image Technology Inc.)，此處理器安裝在PC/AT相容微電腦內，另有13吋彩色影像監視器用以顯示影像，其實驗方法如下：

1. 影像擷取：將龍眼乾以任意方位放置在背光檯上，攝影機鏡頭到背光檯之距離為50cm，用攝影機輸入影像，然後由影像處理器將影像數位化。

2. 影像分割：影像數位化後，以灰度值160將影像二值化，使龍眼乾與背景分離，二值化後龍眼乾為黑色，背景為白色，影像二值化後即進行龍眼乾長軸及短軸長度、投影面積、投影邊界長度之量測以及細密度 (compactness) 之計算。

① 投影面積之量測：將二值化的影像，所含黑色像素之個數算出，然後將此個數乘以面積像素解析度，即可測得投影面積。

② 投影邊界長度之量測：在量測邊界長度之前，需先找出邊界上之像素，本實驗係使用間隙追蹤法，尋找邊界上之點。間隙追蹤法如表一所示。電腦從影像左上部由左往右，由上往下檢視每一個像素，當發現第一個黑色像素時即停止檢視，此黑色像素稱為P像素，在P像素左邊的像素稱為Q像素，Q像素為白色屬於背景，P和Q像素間之隙稱為龍眼乾與背景之界限。假如我們站在此間隙上，P像素在我們左邊而Q像素在右邊，我們面對的方向即是間隙追蹤的行進方向。假設在間隙追蹤方向，P像素所面對的像素稱為V像素，而Q像素所面對的像素稱為W像素，則間隙追蹤將按照表一法則行進。表中P'是下一個P像素，Q'是下一個Q像素。假設V和W像素都是白色，則行進方向是左轉，P和V像素形成界線，V像素變成下一個Q像素，而P像素不變。當回到開始時的P和Q像素時，間隙追蹤法即告完成。

表一 間隙追蹤法則

V	W	P'	Q'	行進方向
黑或白	黑	W	Q	右轉
黑	白	V	W	直行
白	白	P	V	左轉

間隙追蹤完成後，龍眼乾投影之邊界上的像素已全部找出。若邊界上相鄰兩像素在同一水平線上，此兩像素間的距離等於水平像素解析度；若相鄰兩像素在同一垂直線上，則此兩像素間的距離等於垂直像素解析度；若相鄰兩像素在斜線上，則兩者間的距離為水平像素解析度的平方與垂直像素解析度的平方之和的平方根。邊界上相鄰像素間距離的總和即為邊界長度。

③龍眼乾長軸與短軸之量測：首先求出龍眼乾影像形心之位置。設龍眼乾影像為 $f(x,y)$ ，具總像素數為 $N$ 。則形心座標為：

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (4)$$

然後使用Hotelling轉換法 (Gonzalez與Wintz, 1987)，量測長軸與短軸之長度。假設 $U_i$ 為龍眼乾影像(不含背景)第 $i$ 個像素的座標向量，向量 $U$ 的共變異矩陣 (covariance matrix) 定義如下：

$$C = E \{ (U - M)(U - M)' \} \dots\dots\dots (5)$$

其中 $M = E(U)$ ， $E$ 是期望值， $M$ 為平均向量，可用下式表示：

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$U$ 之共變異矩陣亦為：

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (U_i - M)(U_i - M)' \quad \dots\dots\dots (7a)$$

或

$$C = \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N U_i U_i' \right] - MM' \quad \dots\dots\dots (7b)$$

上式中 $U'$ 與 $M'$ 分別為 $U_i$ 與 $M$ 之轉置 (Transpose)。共變異矩陣 $C$ 有兩個相互垂直且通過龍眼乾影像形心之特徵向量 (eigen vectors)，此二向量之斜率分別為龍眼乾影像之長軸 (major axis) 與短軸 (minor axis) 的斜率，求出影像之形心位置及特徵向量之斜率後，即可算出龍眼乾之長軸與短軸之長度。

④龍眼乾細密度之計算：細密度 (CP)，定義為：

$$CP = \frac{P^2}{A} \quad \dots\dots\dots (8)$$

其中 $P$ 是投影邊界長度， $A$ 是投影面積。細密度不具單位，它的值不受影像方位改變的影響，圓盤形影像的細密度值最小，等於 $4\pi$ ，龍眼乾愈接近球形，則細密度愈小。

四龍眼乾重量之量測：

龍眼乾重量測定係以10粒、20粒、30粒、40粒等4處理，使用數位電子秤量測，設量測重量分別為 $S$ 、 $T$ 、 $U$ 、 $V$ 時，其步驟如下：

量測1：秤量 $S$ 、 $T$ 、 $U$ 、 $V$ 之全部重量，其結果為 $Z_1$ 。

量測2：秤量 $S+T - (U+V)$ 之重量，其結果為 $Z_2$ 。

量測3：秤量 $S+U - (T+V)$ 之重量，其結果為 $Z_3$ 。

量測4：秤量 $S+V - (T+U)$ 之重量，其結果為 $Z_4$ 。

則實驗式為：

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= S+T+U+V + \varepsilon_1 \\ Z_2 &= S+T-U-V + \varepsilon_2 \\ Z_3 &= S-T+U-V + \varepsilon_3 \\ Z_4 &= S-T-U+V + \varepsilon_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2), i=1,2,3,4$ 互為獨立

設 $L = \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i$ ，可求出 $S, T, U, V$ 之最小平方推測值如下：

$$\left. \begin{aligned} \hat{S} &= \frac{1}{4}(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \\ \hat{T} &= \frac{1}{4}(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \\ \hat{U} &= \frac{1}{4}(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \\ \hat{V} &= \frac{1}{4}(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

$$E(\hat{S})=S, E(\hat{T})=T, E(\hat{U})=U, E(\hat{V})=V \dots\dots (11)$$

$$\text{Var}(\hat{S})=\text{Var}(\hat{T})=\text{Var}(\hat{U})=\text{Var}(\hat{V})=\frac{\sigma^2}{4} \dots\dots (12)$$

使用此法量測4次，即可得到與各單獨量測4次共計16次相同精確度，實驗式 $S$ 、 $T$ 、 $U$ 、 $V$ 之係數如表二、三所示。

表二 實驗式之係數(一)

量測號碼	S	T	U	V	量測值
1	+1	+1	+1	+1	$Z_1$
2	+1	+1	-1	-1	$Z_2$
3	+1	-1	+1	-1	$Z_3$
4	+1	-1	-1	+1	$Z_4$

表三 實驗式之係數(二)

量測號碼	S	T	U	V	量測值
1	1	1	1	1	$Z_1$
2	1	1	2	2	$Z_2$
3	1	2	1	2	$Z_3$
4	1	2	2	1	$Z_4$

表三是由表二將-1改為2所得，於表二中之 $S$ 、 $T$ 、 $U$ 、 $V$ 之矩陣中，任意二行直交；而表三中第2、3、4行之任意二行之各列的組合 (a, b)，在此

(a, b=1, 2) 均同次數出現，即各為1次。

### 五、龍眼乾貯放時間與含水率之試驗：

龍眼乾的含水率，對龍眼乾貯藏、龍眼乾肉加工及其風味影響甚大，含水率過高不利於龍眼乾之貯藏，易造成果肉發霉。含水率低雖可延長龍眼乾貯放時間，但在剝殼加工時，果殼容易破碎而黏附在果粒上，增加剝肉加工處理上之麻煩。因此果農乃將烘焙加工後的龍眼乾按果實大小加以分級，將直徑2cm以上的龍眼乾列為一級品，經貯藏處理及包裝後直接銷售市場，而次級品則剝肉加工成龍眼乾肉，由於產地勞力缺乏，烘焙好的龍眼乾無法在短期間做大量剝肉加工，須將龍眼乾加以貯藏，由於龍眼產地相對濕度偏高（平均相對濕度約在85~90%之間），龍眼乾在貯藏過程中容易產生回潮現象，致使果肉發霉造成損失且影響產品的品質。

本試驗係將烘焙加工過的龍眼乾，貯放在通風良好之處，其平均室溫約為28°C，龍眼乾以塑膠袋包裝，每袋重量為5kg，龍眼乾貯放時間為8週，每週取樣一次，每次取樣分六處理。含水率之測定係將龍眼乾剝殼，取出果粒再剝開果肉，將果殼與果肉分別以定量分析法達機取樣，使用紅外線水分測定器進行含水率測定，設Ww為水分重量，Wd為乾物重量，其含水率關係式如下：

$$Mt = \frac{Ww}{Ww + Wd} \times 100\% \quad \text{.....(13)}$$

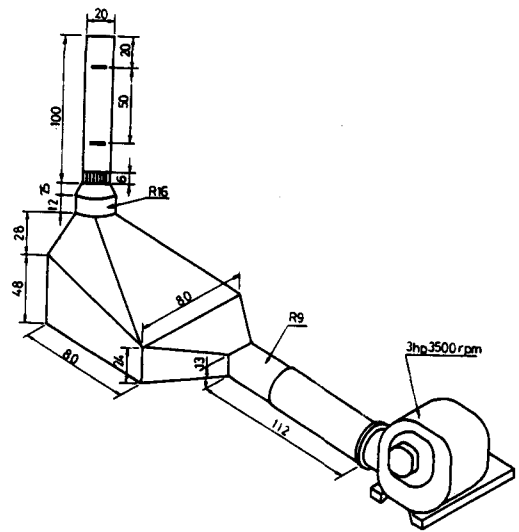
### 六、氣體動力特性試驗：

在農產品加工作業中，如篩選、分級、乾燥等作業的成效與氣體動力特性關係十分密切，影響農產品氣體動力特性的因素很多，諸如密度、體積、形狀、表面積粗糙度、投影面積、阻力係數、摩擦係數、終端速度等等，在上列因素中，有許多因素會產生相互影響，這種現象倍增研究上的困難度，

此外氣體動力特性之研究必須配合流場市驗，由於紊流現象造成流場性質之不穩定，而使試驗量測工作變得相當困難。風洞是一種管流，利用管流進行試驗，流場易受管壁影響，故在試驗時必須面對流場中流速控制之挑戰。

本研究係選用風洞試驗如圖四所示，將整粒龍眼乾、不完全剝殼的龍眼乾、去殼後的果粒及龍眼乾之碎殼，每次取樣一個放入試驗管（風洞），試驗時選取一定的高度，沿徑向取四點位置，空氣由

鼓風機驅動，通過氣室（plenum）進入均流區（用麥管黏結捆紮而成，均流效果良好），促使空氣均流，均流後的空氣進入試驗管中，試驗管直徑為20cm，長度為100cm之透明壓克力管，鼓風機是以變頻器輔助，用來控制風量，其最高風速為25m/s進行試驗，利用風速計量測試驗材料之終端速度，然後再取一小袋包含整粒及不完全剝殼的龍眼乾、果粒與碎殼，放入試驗管中，並以上述所測得之風速由小而大，進行分離篩選試驗，以探討其選別效果。



圖四 風洞設備及規格

### 七、龍眼乾壓破力之量測：

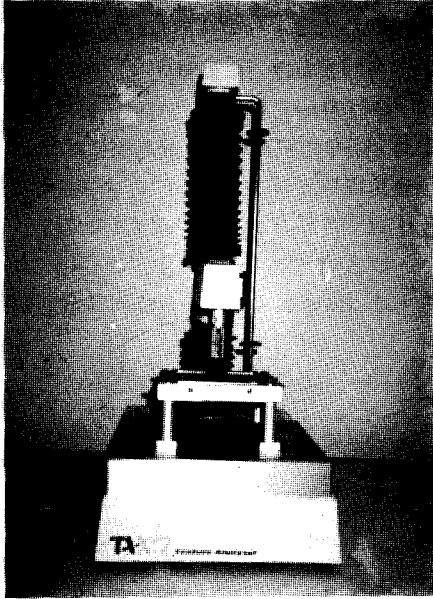
1. 儀器與材料：萬能物性分析儀（Texture Analyzer TA-XT2）及微電腦。

2. 試驗步驟：

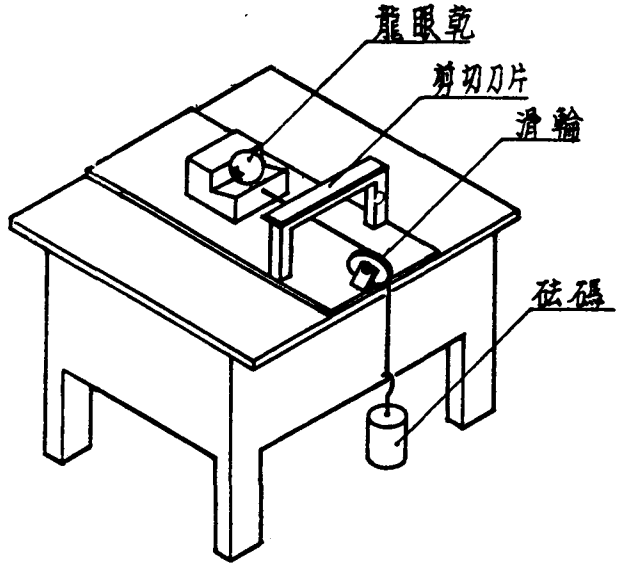
(1) 選取含水率13%及14%的龍眼乾為樣品，樣品再選表面平滑與表面有凹陷各20個，分別試驗。

(2) 壓破試驗是模擬手剝龍眼乾的方法，測試時選取龍眼乾之短軸作為壓破之方向。

(3) 使用萬能物性分析儀及微電腦進行壓破力之測定，如圖五所示。



圖五 使用萬能物性分析儀  
測定龍眼乾之壓破力



圖六 剪切試驗裝置示意圖

## 結果與討論

### 一、龍眼果實成分分析：

龍眼果實營養豐富，近年來因龍眼利用日廣，價值增加，其果品地位逐漸提高。分別將果肉、種子、果殼進行成分分析，結果如表四所示。

表四 省產龍眼果實成份(%)

成分 (%) 部分	水分	灰分	粗蛋 白質	粗纖維	粗脂肪	果糖或 轉化糖	蔗糖	澱粉	游離酸
果肉	77.16	0.60	1.47	0.09	0.13	6.16	12.73	-	0.32
種子	33.54	1.34	4.98	9.73	2.98	1.66	2.58	34.99	-
果殼	30.16	3.29	4.80	24.64	0.99	0.22	0.61	16.13	-

註：試驗品種為黑葉種

由分析結果可知，龍眼果肉糖分含量很高，為果品中少有的，蛋白質含量也很豐富。種子果殼仍含有很高的營養成分，應可加工調配為飼料。

### 二、幾何形狀之量測：

龍眼乾球度之量測，係由選別後的龍眼乾中取樣20個，分別量測其最大內接圓與最小外接圓之直徑，其結果如表五所示。

### 剪切試驗：

- 1.儀器與材料：力桌一台、砝碼（總重量5000g）、數位電子秤、剪切試驗台、水平儀、龍眼乾。
- 2.試驗步驟：
  - (1)將力桌以水平儀作水平校正至水平。
  - (2)將剪切試驗台裝在力桌上，如圖六所示。
  - (3)剪切試驗台面係以表面光滑之鋼板製成。
  - (4)滑車表面銑成L形溝槽以便放置龍眼乾，底部再經拋光加工，以減少摩擦阻力。
  - (5)滑車與試驗台面及滑輪之摩擦力省略不計。
  - (6)將龍眼乾放置在滑車上，並調整剪切刀片與龍眼乾固定座之距離。
  - (7)逐漸增加砝碼的重量至龍眼乾的果殼完全被剪斷為止。
  - (8)將所得的數據予以記錄。
  - (9)將剪切刀片與龍眼乾固定座之距離作調整後，再重複上述步驟試驗之。

表五 龍眼乾球度量測表

項次別	最小外接圓直徑(mm)dc	最大內接圓直徑(mm)di	di/dc
1.	29.66	28.42	0.958
2.	29.87	28.12	0.941
3.	27.18	26.02	0.957
4.	26.48	25.51	0.963
5.	27.78	27.15	0.977
6.	28.36	25.84	0.911
7.	26.85	26.09	0.971
8.	26.17	23.86	0.912
9.	27.22	25.92	0.952
10.	26.24	24.96	0.951
11.	25.52	23.82	0.933
12.	25.12	23.24	0.925
13.	27.32	27.01	0.989
14.	26.26	24.29	0.925
15.	26.28	25.82	0.982
16.	25.08	24.27	0.967
17.	26.30	24.18	0.919
18.	26.09	23.52	0.902
19.	25.18	24.46	0.971
20.	26.44	25.94	0.981
平均	26.77	25.422	0.9496

龍眼乾的形狀大小，因品種而異，但均近似球形，其平均球度約0.95。

三、以影像處理量測龍眼乾之幾何性質：

利用游標卡尺量測龍眼乾之長軸與短軸及影像處理量測龍眼乾，試驗結果如表七所示。試驗結果包括以Hotelling轉換法所量測龍眼乾之長軸與短軸、投影面積、投影邊界長及細密度。

使用Hotelling轉換法所量測之長軸及短軸之長度與手量長軸及短軸比較，所得之誤差值如表六所示，其誤差值以下式計算之。

$$\text{誤差}(\%) = \frac{\text{試驗量測結果} - \text{手量結果}}{\text{手量結果}} \times 100\% \dots (14)$$

表六 量測誤差(%)

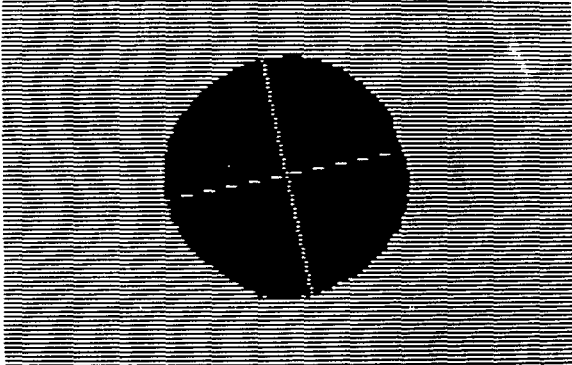
試驗次別 \ 誤差%	長 軸	短 軸
1.	1.07	0.38
2.	0.34	-3.67
3.	-1.20	2.41
4.	-3.48	1.13
5.	1.55	1.69
6.	0.70	-5.26
7.	1.22	-0.31
8.	0.39	0.16
9.	-0.72	-0.30
10.	-0.31	0.55
11.	0.58	-0.23
12.	4.26	0.87
13.	0.75	0.46
14.	-0.84	0.29
15.	0.07	-0.15
16.	1.24	0.53
17.	2.33	0.23
18.	0.31	-0.19
19.	-0.70	0.81
20.	0.31	0.23
最大值	4.26	2.41
最小值	-3.48	-5.26
平均值	0.39	-0.02
標準差	1.49	1.64

表七 手量與影像處理量測結果

試驗項目 樣品編號	質量 (g)	手量		Hotelling法		投影面積 (mm <sup>2</sup> )	投影邊界長 (mm)	細密度
		長軸	短軸	長軸	短軸			
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
1.	3.402	26.18	26.08	26.46	26.18	584.62	86.06	12.69
2.	3.98	29.06	28.92	29.16	27.86	629.09	93.82	13.99
3.	3.64	28.18	26.56	27.84	27.20	600.57	90.37	13.60
4.	3.926	29.28	26.64	28.26	26.94	625.83	92.78	13.75
5.	3.86	28.36	27.26	28.80	27.72	617.95	92.12	13.73
6.	3.648	28.52	26.74	28.72	26.28	601.16	90.56	13.64
7.	3.424	26.24	26.12	26.56	26.04	589.76	86.62	12.72
8.	3.217	25.92	25.22	26.02	25.26	561.04	84.88	12.84
9.	3.682	27.82	26.98	27.62	26.90	603.50	89.26	13.20
10.	3.132	25.86	25.28	25.78	25.42	536.49	82.94	12.82
11.	3.32	26.01	25.98	26.16	25.92	572.37	85.14	12.66
12.	3.214	25.84	25.62	26.94	25.48	560.02	84.74	12.82
13.	3.266	26.72	25.86	26.92	25.98	573.58	85.22	12.66
14.	3.812	28.42	27.38	28.18	27.46	613.52	91.16	13.54
15.	3.716	27.48	27.22	27.50	27.18	610.54	91.07	13.58
16.	3.586	27.38	26.18	27.72	26.32	595.89	86.82	12.65
17.	3.59	27.44	26.58	28.08	26.64	598.72	86.98	12.64
18.	3.188	25.88	25.74	25.96	25.69	542.50	83.96	12.99
19.	3.91	28.42	27.12	28.22	27.34	622.58	92.42	13.72
20.	3.28	26.18	26.02	26.26	26.08	577.04	85.88	12.78



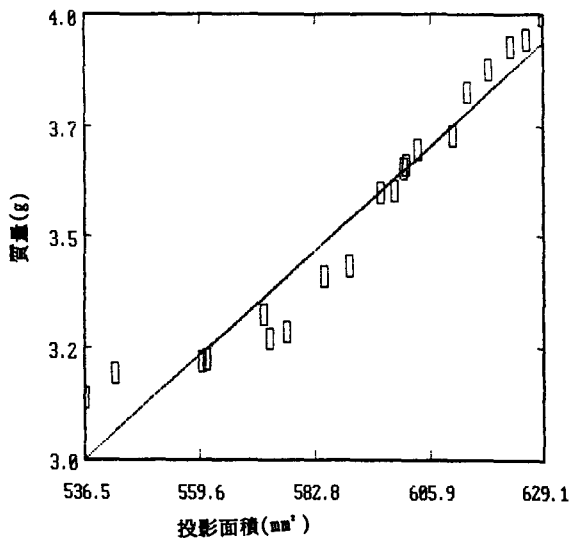
由於龍眼乾的形狀似近球形，故在擷取影像時，應選擇正確的位置，並加以固定再取像，才能準確地量測龍眼乾的長軸與短軸，圖七為編號15之樣品，以Hotelling轉換法所測得之長軸與短軸。



圖七 編號15之樣品以Hotelling法所測得之長軸與短軸

由表六可知以Hotelling轉換法與手量測龍眼乾之長軸與短軸長度之誤差，長軸誤差較短軸為小，此乃因龍眼乾形狀近似球形，以手量測短軸時，量測位置之選定不易準確，因而所產生的誤差較長軸為大。

圖八、九、十分為龍眼乾質量、手量長軸及短軸長度與投影面積之關係圖，由圖可知龍眼乾質量、手量長軸及短軸之長度與投影面積之間，均有良好的線性關係。龍眼乾的質量、長軸及短軸可以下列迴歸方程式，由投影面積計算而得。



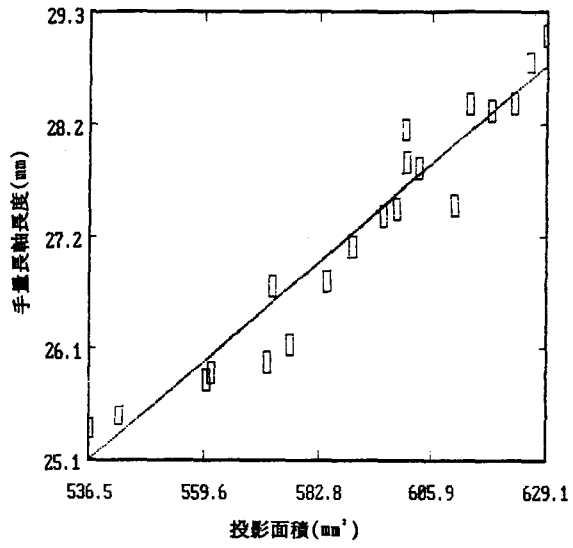
圖八 質量與投影面積之關係

$$M = -2.34 + 0.009952A \dots\dots\dots(15)$$

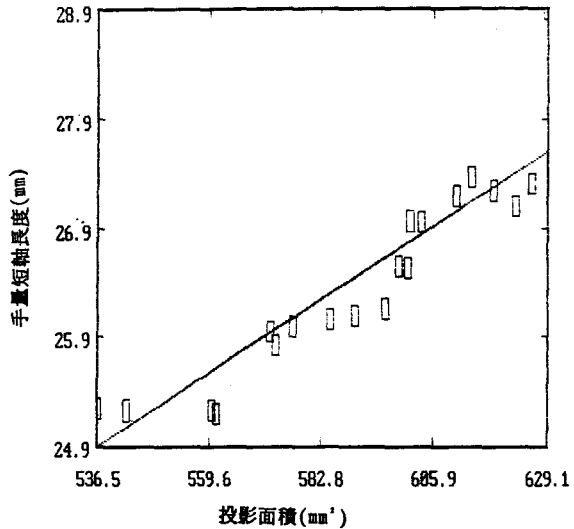
$$L = 3.70 + 0.039879A \dots\dots\dots(16)$$

$$W = 9.35 + 0.029033A \dots\dots\dots(17)$$

上式中M為質量，L為長軸長度，W為短軸長度，A為投影面積。



圖九 手量長軸與投影面積之關係



圖十 手量短軸與投影面積之關係

四、龍眼乾重量之量測：

龍眼乾的重量因烘焙加工程度而異，含水率高時，其重量稍大於含水率低時之重量。本試驗係以含水率13%之龍眼乾，分四處理S（10粒）、T（2

0粒)、U (30粒)、V (40粒)，重複量測四次結果如表八所示。

表八 龍眼乾重量量測表 (g)

處理別 次別	S	T	U	V
1	35.12	71.64	104.28	142.76
2	37.50	75.16	103.06	148.08
3	36.48	69.86	110.78	138.92
4	34.56	76.98	111.24	145.32

稱量S、T、U、V全部重量，其結果： $Z_1=360.44$

稱量S+T-(U+V)之重量，其結果： $Z_2=-141.78$

稱量S+U-(T+V)之重量，其結果： $Z_3=-73.92$

稱量S+V-(T+U)之重量，其結果： $Z_4=-1.06$

$$\hat{S}=\frac{1}{4}(Z_1+Z_2+Z_3+Z_4)=35.92$$

$$\hat{T}=\frac{1}{4}(Z_1+Z_2-Z_3-Z_4)=73.41$$

$$\hat{U}=\frac{1}{4}(Z_1-Z_2+Z_3-Z_4)=107.34$$

$$\hat{V}=\frac{1}{4}(Z_1-Z_2-Z_3+Z_4)=143.77$$

每個龍眼乾的平均重量為：

$$m=\frac{35.92+73.41+107.34+143.77}{100}=3.6(g)$$

### 五、龍眼乾貯放時間與含水率之試驗：

烘焙後的龍眼乾貯放時間為八週，每週取樣一次，每次取樣分六處理。果殼及果肉含水率如表九所示。

表九 貯放時間與含水率測定表

含水率別 週別 處理別	龍眼乾果殼含水率 (%)							龍眼乾果肉含水率 (%)						
	A	B	C	D	E	F	平均	A	B	C	D	E	F	平均
1.	13.1	12.9	13.3	13.0	13.2	12.8	13.05	34.1	33.9	34.8	35.1	34.6	35.2	34.62
2.	13.6	13.4	13.9	13.7	13.9	13.5	13.67	34.9	34.5	35.3	35.7	35.2	35.9	35.25
3.	13.9	13.8	14.0	14.1	14.3	13.8	13.98	35.8	35.2	36.0	36.5	35.9	36.7	36.01
4.	14.3	14.2	14.5	14.4	14.7	14.1	14.37	36.5	36.1	36.8	37.3	36.5	37.5	36.78
5.	14.9	14.7	15.0	14.9	15.3	14.6	14.90	37.2	36.9	37.6	38.1	37.3	38.2	37.55
6.	15.3	15.2	15.6	15.4	15.9	15.1	15.42	37.9	37.7	38.4	38.8	38.1	38.9	38.30
7.	16.0	15.9	16.2	16.1	16.5	15.8	16.08	38.6	38.1	38.9	39.6	39.1	39.5	38.97
8.	16.8	16.7	17.0	16.9	17.2	16.6	16.87	39.2	38.9	39.5	40.2	39.8	40.1	39.62

由試驗得知龍眼乾貯放一週後，果殼平均含水率為13.05%，貯放八週後平均含水率為16.87%，其含水率平均增加了3.82%。龍眼乾貯放一週後，果肉平均含水率為34.62%，貯放八週後其平均含水率為39.62%，果肉含水率平均增加約5%。此乃因本省氣候潮濕而產生回潮現象，故龍眼乾如需久藏，在貯藏過程中，必須再作一次乾燥處理，以減

少果肉發霉之損失。

### 六、氣體動力試驗：

#### 1.終端速度之量測：

利用試驗管(風洞)測試農產品之氣體動力性質，必須在均勻流速的流場中，以不同頻率進行終端速度之測試，其結果如表十所示。

表十 相同高度各點之風速

頻率(1/Sec)	20.0	30.0	35.0	40.0
測試點				
1.	8.2	10.8	12.2	14.2
2.	8.6	11.6	13.1	14.4
3.	8.3	11.0	13.4	15.2
4.	8.8	11.2	13.0	15.0
最大誤差	0.6	0.8	1.2	1.0

由上表得知在試驗管內，流場乃有差異，本試驗目的旨在探討整粒龍眼乾、不完全剝殼的龍眼乾、果粒及碎殼間終端速度之差異，故以受測材料能在試驗記號內，飄浮時間達2秒以上作為量測之標準，其結果如表十一所示。

表十一 整粒與不完全剝殼之龍眼乾及果粒果殼之終端速度

測試材料別 測試次別	碎殼		果粒		不完全剝殼的龍眼乾		整粒龍眼乾	
	終端速度				(m/sec)			
1.	5.8	10.2	11.4	12.3				
2.	6.0	9.8	11.3	12.5				
3.	5.9	10.3	11.6	12.2				
4.	6.2	9.9	11.5	12.8				
5.	6.1	10.0	11.1	12.6				
6.	6.0	10.1	11.6	12.4				
平均	6.0	10.05	11.42	12.47				

由表十一可知，碎殼的平均終端速度為6m/sec，果粒平均終端速度為10.05m/sec，不完全剝殼的龍眼乾為11.42m/sec，整粒龍眼乾為12.47m/sec。

2. 選別試驗：

將一小袋包含有整粒的龍眼乾、不完全剝殼的龍眼乾、果粒及果殼，放入試驗管中進行選別試驗，參照表十一，當風速達6.4m/sec時，試驗管中所有的碎殼均被吹出試驗管，風速達10.5m/sec時，果粒被吹出試驗管，風速達11.8m/sec時，不完全剝殼的龍眼乾被吹出試驗管，風速達13.0m/sec時，整粒的龍眼乾被吹出試驗管。

七、龍眼乾壓破力之量測：

以含水率13%與14%之龍眼乾，再選取龍眼乾果殼表面平滑與表面有凹陷者，分四處理，每處理重複20次，使用萬能物性分析儀進行壓破力之測定，結果如表十二所示。

表十二 龍眼乾之壓破力之量測

樣品條件 壓破力量 (kg) 樣品編號	含水率13%之龍眼乾		含水率14%之龍眼乾	
	表面平滑	表面凹陷	表面平滑	表面凹陷
1.	7.6	5.6	6.8	4.5
2.	7.5	5.0	7.2	3.8
3.	8.0	5.8	7.0	3.6
4.	9.2	6.0	7.6	2.4
5.	10.0	5.2	8.0	2.8
6.	8.4	5.4	6.4	3.0
7.	8.0	5.1	7.3	4.4
8.	9.2	6.2	7.5	4.6
9.	9.3	5.0	7.4	4.8
10.	9.0	5.6	8.1	5.0
11.	9.2	5.2	7.0	3.2
12.	8.4	6.2	7.2	3.0
13.	8.1	6.4	8.2	3.6
14.	10.8	5.8	8.0	3.3
15.	7.7	5.0	7.7	3.4
16.	8.8	6.0	6.8	4.0
17.	7.8	6.3	7.4	4.2
18.	9.2	4.8	7.6	4.6
19.	10.0	5.2	6.8	3.8
20.	9.5	5.8	6.6	3.6
平均	8.78	5.63	7.33	3.78

由表十二得知龍眼乾含水率13%時，果殼表面平滑的龍眼乾，其壓破所需力量之平均值為8.78kg，果殼表面有凹陷之平均壓破力為5.63kg。含水率14%之龍眼乾，果殼表面平滑者其平均壓破力為7.33kg，果殼表面有凹陷者其平均壓破力為3.78kg。由此可知果殼表面有凹陷所需之壓破力較小，此乃因果殼表面之凹陷處有內應力存在，故在加壓時較易破裂。含水率低時，龍眼乾的果殼變為較硬，故所需之壓破力較大。

八、剪切試驗：

龍眼乾固定座與剪切刀片距離大小，將影響龍

眼乾之剝殼效果，距離太小剪切刀片容易切到果肉，距離太大剝殼效果差，此二者距離之大小與龍眼乾的大小有關，本試驗是以經選別後，短軸長度為20mm左右的龍眼乾進行試驗，發現剪切刀片與龍眼乾固定座距離為8mm時，剪切刀片將切到龍眼乾的果肉，距離11mm時，剝殼效果差，茲就剪切刀片距離9mm及10mm進行試驗，結果如表十三所示。

表十三 龍眼乾之剪切力量測表

樣品 編號	樣品 質量	剪 切 力	
		龍眼乾固定座與 刀片距離9mm	龍眼乾固定座與 刀片距離10mm
1.	2.70	2356	2884
2.	2.70	2364	2889
3.	2.70	2358	2885
4.	2.75	2474	2902
5.	2.75	2479	2896
6.	2.75	2472	2904
7.	2.80	2496	3018
8.	2.80	2498	3120
9.	2.80	2501	3124
10.	2.85	2775	3138
11.	2.85	2786	3142
12.	2.85	2783	3136
13.	2.90	2928	3152
14.	2.90	2924	3158
15.	2.90	2932	3164
16.	2.95	3045	3208
17.	2.95	3032	3202
18.	2.95	3042	3214
19.	3.00	3068	3236
20.	3.00	3056	3228
平均		2566.4	3080

取樣20個試驗結果得知，當剪切刀片與龍眼乾固定座距離9mm時，其平均剪切力約為2.6kg，距離10mm時，約為3.1kg。

## 結 論

- 1.龍眼乾的形狀因品種而異，但形狀均近似球形，其平均球度約0.95。
- 2.以Hotelling轉換法與手量測龍眼乾之長軸與短軸長度之誤差，長軸誤差較短軸為小。
- 3.龍眼乾的質量，手量長軸及短軸長度與投影面積之間，均有良好的線性關係。
- 4.烘焙後的龍眼乾，貯放一週後果殼平均含水率約13.1%，果肉含水率約34.6%，貯放八週後果殼含水率約16.9%，果肉含水率約39.6%。
- 5.由氣體動力試驗可知，碎殼的平均終端速度為6m/sec，果粒為10.1m/sec，不完全剝殼的龍眼乾約為11.4m/sec，整粒的龍眼乾約為12.5m/sec。
- 6.龍眼乾壓破力之量測，含水率13%，果殼表面平滑的龍眼乾，其平均壓破力為8.78kg，果殼表面有凹陷者約為5.63kg。含水率14%，果殼表面平滑者，其平均壓破力約為7.33kg，果殼表面有凹陷者約為3.78kg。
- 7.龍眼乾剪切試驗，當剪切刀片與龍眼乾固定座距離9mm時，其平均剪切力約為2.6kg，距離10mm時約為3.1kg。

## 參考文獻

- 1.李芳繁。1990。以影像處理量測檸檬之幾何性質。中國農業工程學報36(3)：36-42。
- 2.林慶福。1989。龍眼加工機械之試驗研究。中國農業工程學報35(2)：59-77。
- 3.盛中德等。1992。落花生及玉米氣體動力特性之研究。農業機械學刊1(3)：39-48。
- 4.黃芻臣。1990。經濟果樹(下)。p35-48。學年社。台北。
- 5.曾耀崑等。1991。臺灣產落花生原料之物理特性與一般成分。嘉義農專學報。26：185-200。
- 6.臺灣省政府農林廳。1992。臺灣農業年報。p118。
- 7.AOAC. Official Methods. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists Washington D. C. (1984).
- 8.AOCS. Official and Tentative Methods of Analysis 3rd ed. American Oil Chemists Association Champaign IL. (1980).

9.Gyorgy Sitke. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Hungary. p13-18.

10.Gonzalez, R. C. and P.Wintz. 1987. Digital Image Processing 2nd.Addison Wesley publishing Company. p120-135.

11.M. S. Howarth; J. R. Brandon; S. W. Searcy; N. Kehtarnavaz. 1992.Estimation of Tip Sharpe for Carrot Classification by Machine Vision.J. agric Engng Res. 53, 123-139.

12.Nuri n. Mohsenin. 1970. Physical properties of

plant and Animal Materials. Gordon and Beach. Science publishes. p56-66.

13.Paulsen; Wigger; Litchfield; Sinclair. 1989 Computer Image Analyses for Detection of Maize and Soybean Kernal Quality Factors. J. agric Engng Res. 43, 93-101.

收稿日期：民國82年7月12日

修正日期：民國82年8月17日

接受日期：民國82年8月25日

專營土木、水利、建築等工程

方盛營造有限公司

地 址：台東市漢中街169號

電 話：(089)345786

專營土木、水利、建築等工程

文健營造股份有限公司

地 址：桃園縣大溪鎮介壽路701號

電 話：(03)3802888