

龍眼鮮果之太陽能乾燥試驗¹

林金鐵²

摘要：利用溫室型太陽能乾燥室於民國 68 年 8 月間進行龍眼鮮果之烘乾試驗，供試品種為詔安寮種（小粒種）、緞繻種（中粒種）、隘寮種（中粒種）、楊桃葉種（大粒種）等四品種，一般言之，烘乾期間，鮮果水份，小粒種較大粒種易消失，故烘乾所費時間小粒種亦較大粒種為短。烘乾至能保存兩個月，所需乾燥時間，小粒種為 52 小時，中粒種為 58~60 小時，而大粒種為 62~64 小時，出倉時之乾果率以緞繻種最高，詔安寮種最低，而果肉率亦以緞繻種最高，楊桃葉種最低，顯示中粒型龍眼品種，緞繻種最適合於乾果之加工，而小粒種與大粒種龍眼品種之加工效率則均較低。利用太陽能乾燥室可較慣行土爐法節省 33 % 之烘乾成本。

龍眼 (*Euphoria longana* Lam.) 為本省主要熱帶果樹之一，根據民國 68 年統計，全省龍眼種植面積為 4,907 公頃，總生產量為 23,266 公噸⁽⁴⁾。龍眼之產地，分佈於全省各地，惟多集中於中南部臺南縣、嘉義縣、高雄縣、南投縣與彰化縣等地區，約佔全省種植面積之 85 %，其產期始於七月而終於九月，但生產盛期却集中於八月間。因此常因供過於求而導致市價低落，使果農蒙受很大損失，又因龍眼鮮果含水量高達 75 %⁽³⁾，故採收後之鮮果如放置過久則易變質而腐爛。中南部之龍眼多分佈於山區，而山區之交通多較不便，因此在產地或運輸途中變質腐爛之龍眼鮮果當為數可觀。

為減少龍眼鮮果因供需失調或變質腐爛而造成之雙重損失計，果農常把部分龍眼鮮果加工製成為乾果出售。本省龍眼乾果之加工均採用慣行之柴火烘焙法即在土製焙爐上堆放採收後之鮮果，以柴火烘乾 2~3 晝夜而製成。一般言之，由慣行法製成的龍眼乾果，品質參差不齊，常有烘乾過度與不足之現象。而且烘焙時間必須日夜燒柴，備極辛苦，急待改善。最近我旅美學人黃國彥博士設計完成一「溫室型太陽能乾燥系統」⁽⁵⁾，並已在臺灣試用於稻穀與菸草之烘乾。初步結果顯示使用此溫室型太陽能乾燥系統烘乾稻穀與菸草時可較一般烘乾機節省燃油之消耗達 50 % 以上⁽²⁾，頗有推廣之價值，本省中南部之夏季晴天日數多，而太陽近乎直射陽光強烈，平均日射量高達 400 cal/cm²/day 以上。由於龍眼亦盛產於夏季，若能善用此豐富之太陽能加工龍眼乾，則不但可節省能源且可改良慣行加工法之缺點。本試驗之目的旨在探討利用「溫室型太陽能乾燥室」烘乾龍眼鮮果之可行法，以供進一步研究改良之參考。

試驗材料與方法

本試驗於 68 年 8 月在嘉義農業試驗分所舉行，供試之「溫室型太陽能乾燥室」係於 66 年 11 月間建造，其結構由太陽能收集裝置，太陽能儲存裝置，乾燥室與熱爐及熱風循環裝置等四大部分組織而成，詳細構造可參閱「太陽能乾燥室之試驗研究」⁽²⁾，供試之龍眼鮮果係自嘉義縣竹崎鄉之產

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 981 號。本計畫承中央加速計畫 [68 (AMF)-6.1-9-b] 補助經費。

2. 本所嘉義農業試驗分所技佐。臺灣省 嘉義市。

地採購，包括詔安寮種、緞繻種、隘寮種與楊桃葉等 4 個品種，其中以楊桃葉種之果實最大，隘寮種與緞繻種次之，詔安寮種最小，有關各品種之其他特性可參閱「臺灣龍眼之品種及栽培現況」(1)。

購回後先將龍眼鮮果自果柄剪斷並取樣測定其含水量，及糖度後移入乾燥室。室內隔成 4 小間，每一小間放置 4 品種，每品種自成一堆，每堆鮮果重量為 22 公斤，試驗採用隨機區組設計，重複四次，龍眼鮮果安置後將乾燥室關閉，進行烘乾工作，乾燥室內之溫度保持在 50°C 至 60°C 之間，繼續烘乾 64 小時，乾燥所需熱度原則上取自太陽能，不足時則以燃燒柴油補充之。

烘乾後 52 小時起每隔 2 小時取樣 500 克秤其重量，以追蹤記錄果重消失之程度。另取樣 100 克，剝開果實並將果肉與種子分開，調查果肉之含水量。此外為明瞭乾果之貯存能力計各取 20 顆在室溫條件下貯存並每隔 7 日調查其發霉情形，依其程度分為：25、50、75 與 100 % 等 4 級記錄，計調查 10 次，烘乾工作結束後測定乾果率，乾果果肉之糖度，含水量及果肉，果殼與種子佔乾果之百分比等資料。調查結果並予變方分析測定其差異之顯著性。

結果與討論

一、烘乾前之預措

通常龍眼鮮果係以果穗狀出售，故必須將果實與果柄分開後，始能供烘乾之用，未進行烘乾之前，取樣調查各品種鮮果之若干性狀，其調查結果列如表 1、由表 1 可知供試品種中以楊桃葉種之果形最大，果實亦最重，隘寮種次之，緞繻種名列第三，而詔安寮種者最小，果實佔果穗之百分比則與果徑及果重相反，顯示由市場購買之龍眼中，粒形較大之品種果實所佔比例較小，而粒形較小者則果實所佔比例較大，故若以加工龍眼乾果為目的時似以不採用果形太大之品種為宜。鮮果之含水量，以楊桃葉種最高達 88.8 %，顯示其果實雖大但多為水分。故其糖度亦低，只有 11.2 %，緞繻種則恰恰相反，其鮮果含水量最低，只有 80.5 %，由於含水量低，故相對的，其糖度較高達 18.4 %。隘寮種與詔安寮種之含水量與糖度介於楊桃葉與緞繻種之間，果肉以楊桃葉種及隘寮種者較厚，而緞繻種與詔安寮種者較薄，顯示果形較大者，其果肉亦較厚。

表 1. 不同龍眼品種之鮮果特性

Table 1. Characteristics of fresh fruits for different longan varieties

品 種 Variety	果 徑 Fruit diameter(cm)	果重(克/粒) Weight per fruit (g)	果實重/果穗重 Fruit weight/ bundle weight (%)	含 水 量 Water content (%)	糖 度 Brix (%)	果 肉 厚 度 Flesh thicknee (cm)
詔 安 寮 種 Chiao-an-liao	2.9	10.7	88.6	85.5	12.7	0.42
緞 繻 種 Traa-yu	3.0	13.1	87.2	80.5	18.4	0.41
隘 寮 種 I-liao	3.1	13.4	85.4	85.5	14.1	0.51
楊 桃 葉 種 Yan-tau-yeh	3.3	15.5	83.5	88.8	11.2	0.51

二、烘乾中果實含水量與乾果率之變化

龍眼鮮果含水量在太陽能乾燥室中之變化情形如圖 1，一般言之，果實含水量隨烘乾之時間而快速降低，直至烘乾後 62 小時，其水分消失程度始見緩和，但是果實形狀較大之龍眼品種如楊桃葉種

，其果實含水量在烘乾後 64 小時仍有明顯減低之現象，由此可知，龍眼鮮果含水量之消失與果實形狀之大小有密切關係，即果形較大者，其水分之消失較慢，故所需烘乾時間亦較長，而果形較小者，其水分之消失程度則較快，故所需烘乾之時間亦較短，初步結果顯示，小粒種如詔安寮種之鮮果在烘乾後 62 小時則已充分乾燥，中粒種如隘寮種與緞繡種之鮮果則需烘乾 62 至 64 小時才能充分乾燥，而大粒種如楊桃葉種，其鮮果烘乾時間似要超過 64 小時始能達到類似中小粒種果實之乾燥程度。

烘乾時間龍眼乾果率(即乾果佔鮮果重量之百分比)之變化情形示如圖 2。由圖 2 可見乾果率亦隨烘乾之時間而減低。烘乾後 64 小時出倉之乾果率以緞繡種最高，楊桃葉種次之，隘寮種第三，而詔安寮種最低，顯示乾果率之高低與果實形狀之大小成正比，即果形大者，其乾果率高，而果形小者，其乾果率低，因龍眼乾果之加工效率係以乾果率之高低為衡量之標準，故乾果率低之龍眼鮮果就經濟觀點而言，自較不利。由此設論，本試驗供試品種中以緞繡種最適合於乾果加工之用。至於楊桃葉種之乾果率較高之原因，似為果實尚未充分乾燥所致。

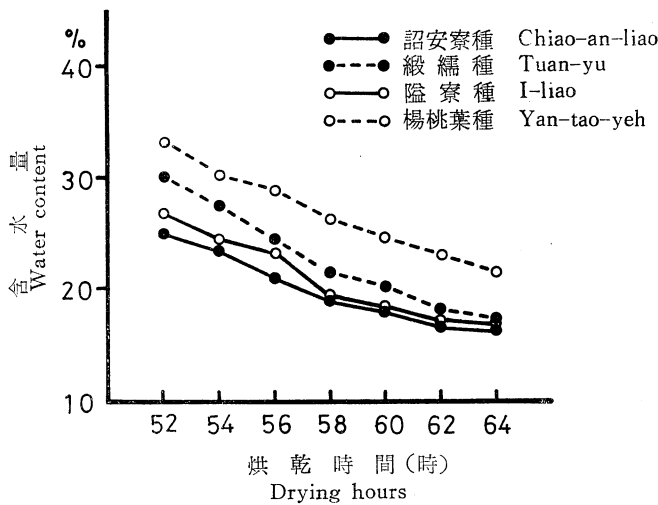


圖 1. 烘乾期間果實含水量之變化情形
Fig. 1. Changes in water content during the drying period

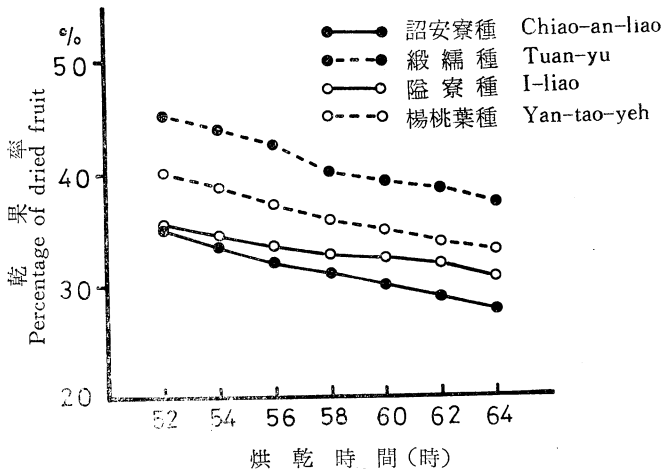


圖 2. 烘乾期間乾果之變化情形
Fig. 2. Changes in dried fruit percentage during the drying period

表 2. 龍眼乾果在貯存期間之發霉率

Table 2. The percentage of dried longan fruits infested with mold during the storage period

品 種 Variety	取樣時之 烘乾時間 Drying hours at sampling	貯存期間 (取樣後日數) Storage period (days after sampling)									
		7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
詔安寮種 Chiao-an-liao	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
緞 繻 種 Tuan-yu	52	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100
	54	13	50	50	100	100	100	100	100	100	100
	56	13	13	50	50	50	50	50	50	50	50
	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
隘 寮 種 I-liao	52	13	38	50	100	100	100	100	100	100	100
	54	0	13	13	50	100	100	100	100	100	100
	56	0	0	0	0	0	0	0	50	50	100
	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
楊桃葉種 Yan-tao-yeh	52	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	54	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	56	38	38	50	100	100	100	100	100	100	100
	58	25	25	50	100	100	100	100	100	100	100
	60	13	13	25	0	0	50	50	50	50	50
	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

三、烘乾程度與乾果之貯存

龍眼鮮果在太陽能乾燥室烘乾 52 小時後，每隔 2 小時取樣一次，存於室內，並隔一週調查一次該

樣果之發霉情形，其調查結果列如表 2，由表 2 可知，烘乾 52 小時之小粒種（詔安寮種）乾果已可貯存 70 天不發霉，但是中粒種（緞繡種，隘寮種）與大粒種（楊桃葉種）烘乾 52 小時之乾果在室內存放一週後即見發霉而變質，烘乾 52 小時之乾果含水量為小粒種 25%，中粒種 27~30%，大粒種 33%（圖 1），顯示小粒種龍眼乾果之含水量若降低至 25% 以下，即可供短期間（70日）消費之用，由於小粒種之乾果率較低（圖 2），故以短期消費為目的之龍眼乾果，似可提早於烘乾後 52 小時出倉，如此不但可縮短烘乾時間，節省能源之消耗，而且有助於乾果率之提高，例如小粒種龍眼詔安寮種在烘乾 52 小時之乾果率為 35%。較烘乾 64 小時（即出倉時）之 28% 高出 7%，亦較隘寮種（中粒種）之 31%，及楊桃葉種（大粒種）之 33% 為高。

果實形狀屬於中等之緞繡種與隘寮種乾果之烘乾若時間未達 56 小時多較易發霉而不能貯存，至烘乾 58 小時後始能貯存兩個月，烘乾 58 小時之乾果含水量約為 20%（圖 1），顯示中粒種龍眼乾果之含水量需降至 20% 左右，才能貯存兩個月。大粒種龍眼如楊桃葉種，因為鮮果大而含水量高，故其烘乾時間較小粒、中粒種者為長，至烘乾歷 62 小時，含水量降至 23% 時始能達到類似小、中粒種乾果之貯存效果。由此可知，龍眼鮮果果形之大小與烘乾時間之長短成正比，中粒種與大粒種較小粒種分別多烘乾 4 小時與 8 小時，始能供同一期間貯存之用。一般言之，乾果含水量較高時，其果肉食味亦較佳，故若以短期消費為目的之龍眼乾果，似可視其果形之大小或消費期間之長短酌量縮短其烘乾時間，以節省能源，提高品質並增加果農之收益，由本試驗初步所得結果而言，合理之烘乾時間似為小粒種 52 小時以內，中粒種 58~60 小時，而大粒種 62~64 小時。

四、若干龍眼之乾果性狀

在太陽能乾燥室烘乾 64 小時後出倉之若干乾果性狀列如表 3，由表 3 可見品種間之乾果率差異達顯著水準，中粒形品種，緞繡種之乾果率顯著高於其他三個品種，另一中粒形品種，隘寮種之乾果率亦高於小粒形及大粒形品種，惟其差異未達顯著水準，顯示利用中粒形龍眼品種烘乾時其乾果產量較小粒或大粒形品種為高。

乾果果肉之含水量與果實之大小成正比，即果形較大者，其果肉含水量亦較高，反之，則較低。供試品種中以楊桃葉種之含水量最高，顯著高於其餘三個品種，而以詔安寮種者最低，顯示大形果實之水分較小形者難於烘乾。果肉之糖度則與含水量成反比，即果肉之含水量愈高，其糖度愈低，反之則高。

龍眼乾果係由果肉、果殼與種子等三要素所構成，其中只有果肉具有經濟價值，故理想之乾果應為果肉之比例高，而果殼與種子所佔比例較低者，由表 3 可知，供試品種中以中粒形品種緞繡種之果肉率最高，而大粒形品種，楊桃葉種之果肉率最低，其差異達顯著水準。緞繡種之果殼與種子百分比較低，故其果肉率較高，而楊桃葉種之果殼與種子率較高，故其果肉所佔乾果之百分比自較低。隘寮種之果殼率最低，顯示其果殼最薄，這似與其鮮果水分較易消失（圖 1）及乾果果肉含水量較低（表 3）之現象有關。換言之，鮮果之果殼較薄者較易烘乾，故其烘乾所需時間可酌量加以縮短。

龍眼鮮果之是否適合於製成乾果，應視其乾果率與果肉率之高低而決定。乾果率較高之品種可自一定重量之龍眼鮮果製成較多之乾果，而果肉率較高者，可自一定重量之乾果中獲得較多之果肉，由本試驗初步結果可知，供試品種中以緞繡種最適合龍眼乾果之加工，因其乾果率與果肉率均高，隘寮種之乾果率雖高，但其果肉率則低，而詔安寮種之果肉率雖高，但其乾果率則低，故均非理想之加工用品種，楊桃葉種之乾果率與果肉率均低，故製成龍眼乾果時較不經濟。

表 3. 不同龍眼品種之乾果性狀

Table 3. Characteristics of dried fruits for different longan varieties

品 種 Variety	乾 果 率 Percentage of dried fruits (%)	果 肉 含 水 量 Water content of fruit flesh (%)	果 肉 糖 度 Brix of fruit flesh (%)	乾果構成要素 Components of dried fruit		
				果 肉 Fruit flesh (%)	果 殼 Fruit shell (%)	種 子 Seed (%)
詔安寮種 Chiao-an-liao	28.2 b ^a	16.2 b	75.8	37.0 b	27.3 ab	32.3 c
緞 繡 種 Tuan-yu	35.2 a	17.2 b	73.0	40.6 a	25.1 b	31.8 c
隘 寮 種 I-liao	30.3 b	16.3 b	74.6	36.1 bc	25.0 b	37.1 a
楊桃葉種 Yan-tao-yeh	28.9 b	21.5 a	72.4	34.1 c	29.6 a	34.3 b
平 均 Average	30.6	17.8	74.0	37.0	26.8	33.8

a. 表中數值上端所註英文字母相同者，其差異未達 5% 顯著水準。Values with letters in common are not significantly different at 5% level.

五、太陽能與慣行乾燥法之成本比較

龍眼鮮果分別以太陽能乾燥室與慣行土爐法烘乾時之成本比較如表 4，由表 4 可知，利用太陽能乾燥室烘乾時可較慣行土爐法每公噸鮮果可節省成本約 33%，而且烘乾時間也可以縮短約 5 小時。太陽能烘乾法之主要成本支出為油電費，尤其是油料費。因本試驗係以下午 10 時入倉而夜間無法利用太陽能必須以柴油為能源，故油料費之支出增加，若改為上午入倉時，其油料費之支出將可大幅度減少。

總之，利用太陽能乾燥室加工龍眼乾果，不但能節省成本，且可免除日夜燒柴之辛苦與被柴燻目之痛苦，故此項烘乾法值得進一步加以研究改進。

表 4. 每公噸龍眼鮮果之烘乾成本

Table 4. Cost of drying fresh longan fruits (N.T.\$ per ton)

乾 燥 法 Method of drying	燃 料 費 ^a Fuel cost (N.T.\$)				工 資 Labor cost (N.T.\$)	合 計 Total (N.T.\$)	指 數 Index
	柴 油 Diesel oil	電 力 Electricity	木 柴 Firewood	計 Total			
太陽能乾燥室 Solar energy drying system	90.2	242	—	1,144	864	2,008	67.6
土 爐 Conventional metem	—	—	470	470	2,500	2,970	100.0

a. 柴油 1 l 以 10.5 元計算，電力每度以 1.76 元計算。Cost of diesel oil : N.T.\$ 10.5 per liter, cost of electricity : N.T.\$ 1.76 per unit.

參 考 文 獻

1. 張振宜、1965・臺灣龍眼之品種與栽培現況。科學研究 13 (1, 2) : 41-47。
2. 張漢聖、林金鐵、吳啓安、徐國民・1978・太陽能乾燥室之試驗研究・臺灣大學農業工程學系 22 pp.
3. 臺灣總督府、1944・臺灣農家便覽 2280pp. 臺灣農友會。
4. 臺灣省政府農林廳、1979・臺灣農業年報 363 pp.
5. Huang, B. K., C. F. Abras, mL. L. Coats, and C. G. Bowers. 1975. Development of greenhouse bulk curing system for solar energy utilization and plant bed mechanization. ASAE Paper No. 75-1018.

Experiment on drying fresh longan fruits with solar energy¹

Chin Twn Lin²

Summary

Drying experiment of fresh longan fruits with a greenhouse solar energy drying system was conducted in August 1979. A total of 4 varieties with different sizes namely, Chiao-an-liao (small fruit), Tuan-an (medium fruit), I-liao (medium fruit), and Yan-tao-yeh (large fruit) were used in this experiment. In general, water content of the smaller fresh fruits disappeared more rapidly than the larger ones during the period of drying. Accordingly, the time required to dry the smaller fruits was shorter than that for the larger ones. It was observed that small-, medium- and large-size fruits should be dried for 52, 58-60, and 62-64 hours respectively, before the dried fruits could be kept in storage for 2 months. At the end of drying, the variety Tuan-yu gave the highest percentage of dried fruits while the Chiao-an-liao variety, the lowest. As to the percentage of dried fruit flesh, the Tuan-yu variety also ranked the first while the Yan-tao-yeh the lowest. This indicates that the variety Tuan-yu is most suitable for processing the dried fruits among the 4 varieties tested in this experiment. The utilization of solar energy drying system resulted in the saving of drying cost by almost 33% when compared with the conventional drying method.

1. Contribution No. from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi City Taiwan, 600, ROC.