

屏東縣第 64 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別： 生活與應用科學科 (2)
(含生物科技/食品科學)

組 別： 國小組

作品名稱： 烘出令人為之「凍榕」的果乾

關 鍵 詞： 大果藤榕、果乾、凝膠

編號： A7005

摘要

在學校，我們學到滿州傳統特色；在生活，我們實際體驗恆春半島童年美妙清涼食品——大果藤榕凍。傳統製作大果藤榕凍使用冷凍果搓洗，但鮮果有時效性、冷凍成本高又佔空間，因此我們探討新的保存方式。實驗發現，成熟雌果含有豐富果膠和果膠酯酶，因此烘乾整顆大果藤榕，使脫水率達到 84%，可延長保存期限。但過程中發現過熟的果 PH 值較低，口感偏酸，不適合大眾口味，而烘乾溫度超過 50°C 的果乾，凝結率趨近 0%，果膠酯酶一旦被破壞就無法產生凝膠反應。我們希望大果藤榕像愛玉籽一般，在市售販賣，期待這項研究成果，能為恆春半島的特產提高經濟效益，帶來更多關注，將傳統文化賦予新的生命，烘乾出為之動容的大果藤榕，我們用心起念、著手開始。

壹、前言

一、研究動機

恆春半島滿州響林社區早期每到了夏天，村民們為了解饞，會特地到山上摘取成熟的大果藤榕，因為此果生長完全不需噴灑農藥，且搓洗過程中對水質十分挑剔，還不用添加任何的添加物就可以製成凍飲品，所以十分受到大家喜愛。後來響林社區的果農將其移植到山下培植及研究。

中年級食農教育課程，老師帶我們認識了野生愛玉—大果藤榕（圖 1），教我們以實際搓洗大果藤榕，體驗製作成美味的凍飲，沒想到大果藤榕凍形成後跟愛玉很像，甚至比愛玉更軟 Q、更滑嫩。不同的地方，愛玉只需搓洗愛玉籽，而大果藤榕可以將整顆果實連同皮一起搓揉，讓我們印象深刻。

查詢其他文獻與歷屆科展作品，我們發現大部分研究都著重在愛玉籽的凝膠表現，而大果藤榕的凝膠現象其實非常好，可惜目前製成大果藤榕凍以冷凍果為主，不僅需耗費電力冷凍保存又佔空間，使用時冷凍果還需先用果汁機將果打碎，放入袋中，以人力搓洗出成凍，我們希望能讓大果藤榕有更好的保存方式，因此嘗試用不同以往的傳統方式，希望讓大果藤榕可以像市售愛玉籽一般，更容易保存，讓恆春半島童年清涼可口的點心，可以繼續保存於在地特色產業，進而探究實作。



▲ 圖 1. 食農課程，老師教我們製作大果藤榕凍飲

二、文獻回顧

(一) 大果藤榕 *Ficus punctata*

1. 桑科榕屬：愛玉子、薜荔的遠房表親，同樣都是榕屬，卻散發截然不同的清香氣息。分布在南台灣、蘭嶼及東南亞地區，其葉子為深綠色，橢圓至倒卵形，葉背有柔毛，厚度比愛玉子及薜荔葉子更厚，葉子基部葉脈三出。
2. 產季：每年7、8月的盛夏，大果藤榕果實慢慢由橘黃色轉成橘紅色外皮，變成暗沉紫色時，就代表大果藤榕已經成熟。
3. 果膠：果實寬五至七公分，單生或簇生於枝條上，有細毛，雌雄異株，雌果成熟後透過搓洗、過濾製作成清甜的果凍；雄果沒有果膠，可以熬煮大骨湯，變成在地美食。

(二) 凝膠過程

大果藤榕「隱花果」內的小小瘦果，含有豐富的果膠以及果膠酯酶，在摩擦搓揉的過程中兩者會慢慢溶出果膠，果膠與水中雙價陽離子（例如鈣離子）結合，就會交聯一個接著一個排列，形成長串且非常穩定的連結區，向拉鍊一樣的結構，使大果藤榕慢慢出現固體特性，凝結成果凍狀（凝膠狀）。我們用簡易科學繪圖方式來表現凝膠過程（圖2）。



▲ 圖 2. 科學繪圖解釋大果藤榕如何產生凝膠過程

三、研究目的

(一) 採集恆春半島大果藤榕，觀察生長分布位置及基本性質

1. 尋找植物分布並採集
2. 觀察基本性質

(二) 檢測大果藤榕的凝膠原理

1. 設計大果藤榕凍的凝膠製程
2. 觀察大果藤榕泡水、攪拌後顯微鏡下的形態變化






(三) 探討製成大果藤榕果乾的脫水率

1. 日曬、日曬+烘乾
2. 烘乾

(四) 探討不同烘乾溫度製成的果乾

1. 凝膠產生的 PH 值。
2. 凝膠產生的凝結率

貳、研究設備及器材

				
大果藤榕	溫控乾果機	顯微鏡	電子秤	打蛋攪拌器
				
紅外線溫度槍	PH 檢測器	封口機、包裝袋	濾袋、濾網	容器

參、研究過程與方法

一、採集恆春半島大果藤榕，並觀察生長分布位置及基本性質

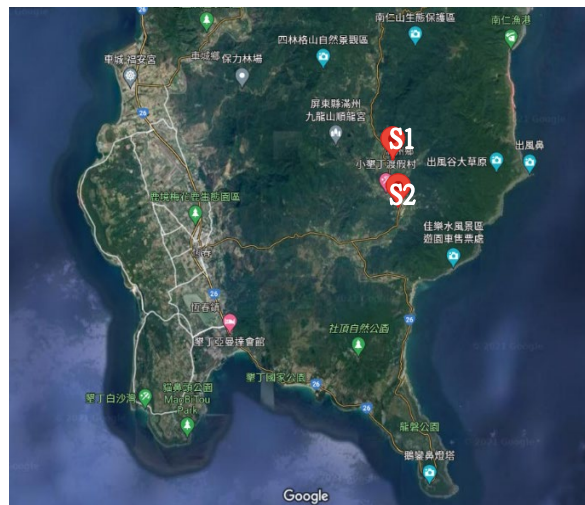
自然課我們學到第二單元—植物的繁殖，發現榕屬植物的繁殖機制真的很特別，在榕果尾部小孔苞片會形成只有榕小蜂才可以穿過的孔道，當榕小蜂進入雌榕果內，便能授粉結子，如果榕小蜂進入雄榕果內，子房便能提供榕小蜂產卵形成蟲癭，延續族群，是一種互利共生的關係。

(一) 尋找植物分布並採集

進行採集時記錄採集地點、座標（表 1、圖 3、圖 4）。

植物	採樣點代號	地形特色	座標
大果藤榕母株	S1	恆春滿州鄉 果農自家外，土壤肥沃	22.0376363N 120.8372994E
大果藤榕公株	S2	恆春滿州鄉 人潮稀少，土壤肥沃	22.036914N 120.8361242E

▲ 表 1. 鮮果採樣地點代號、地形特色、座標



▲ 圖 3. 採樣地點



▲ 圖 4. 採集攀爬在其他樹種主幹上的大果藤榕

(二) 觀察基本性質

我們利用課後時間去採集新鮮的大果藤榕（圖 5），測量果高、果寬和重量，並縱切開觀察裡面花與瘦果的樣貌。



▲ 圖 5. 觀察採集的大果藤榕

二、 檢測大果藤榕的凝膠原理

(一) 設計大果藤榕凍的凝膠過程

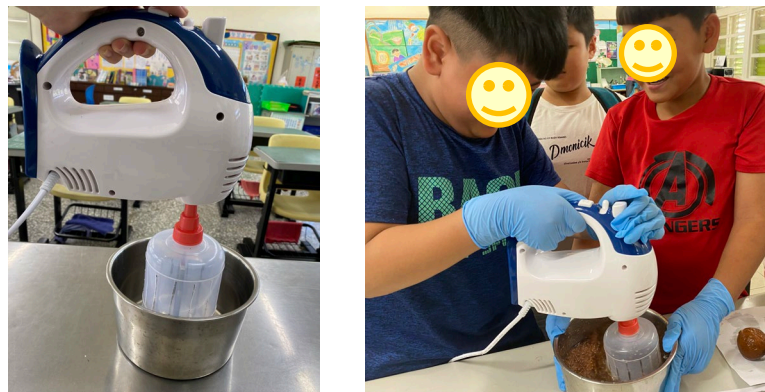
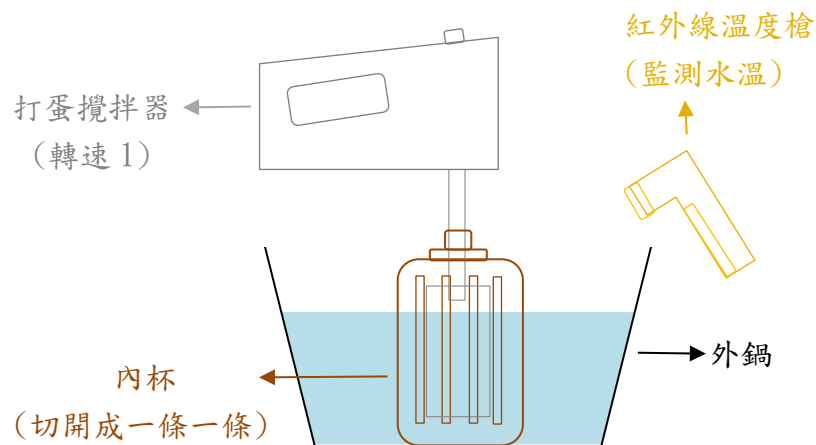
我們自己親手搓洗大果藤榕時，發現每個人力道、手感不同，因此洗出來的果膠含量差異太大，造成凝膠狀況不同。我們參考網路上，用果汁機攪打愛玉的方式、歷屆科展作品用打蛋器攪拌愛玉，以及響林社區耆老分享的手洗教學步驟，製作如何讓大果藤榕更容易產生凝膠的設計。

1、 離心裝置設計：將塑膠杯外層切開數條(外觀像洗衣籃)，插入打蛋攪拌棒並固定，接著放置外鍋中心，藉由機器攪拌提供旋轉，讓大果藤榕產生離心力甩出膠質，向洗衣機脫水裝置一般。此方法較快速而且衛生。（圖 6）

2、 凝膠製作流程：

- (1) 將大果藤榕鮮果切片放入內杯，加入比例 1：10 的礦泉水。如果是果乾則先浸泡 20 分鐘的清水，再以 1：40 的比例加入礦泉水。
- (2) 固定時間每次 15 分鐘、水溫度控制於室溫 25~28°C、打蛋機低速轉速 1 進行攪打。
- (3) 最後將果肉裝進布袋，同一人搓洗 5 分鐘，將果膠確實擠出。

(4) 將果肉果籽倒出並過濾，靜置 6 小時觀察凝膠現象。



▲ 圖 6. 凝膠裝置設計

(二) 觀察大果藤榕泡水、攪拌後顯微鏡下的形態變化：

利用高倍顯微鏡（目鏡 10 倍×物鏡 4 倍），觀察大果藤榕泡水前與攪拌後的差異（圖 7）。可惜我們沒有數位鏡頭，只能用手機翻拍，所以畫面沒有這麼清楚。



▲ 圖 7. 觀察大果藤榕的瘦果在攪打下的形態

三、探討製成大果藤榕果乾的脫水率

(一) 日曬：

需要視當日天氣而定。我們從早上 8 點到校拿出去日曬，到下午 4 點放學時收進教室，同時利用紅外線溫度槍進行溫度調查（圖 8）。



▲ 圖 8. 日曬

(二) 烘乾：

我們用溫控乾果機一次可以烘 8 顆的大果藤榕，大約 300~450 克，將其分批放入溫度設定在 40℃、45℃、50℃、55℃、60℃，並以 10 小時、16 小時、24 小時時間分別作為觀察並記錄烘乾前與烘乾後的重量，計算脫水率(鮮果含水量)。

$$\text{烘乾後脫水率} = (\text{原始重量} - \text{烘乾後重量}) / \text{原始重量} \times 100\%$$

四、探討不同烘乾溫度製成的果乾

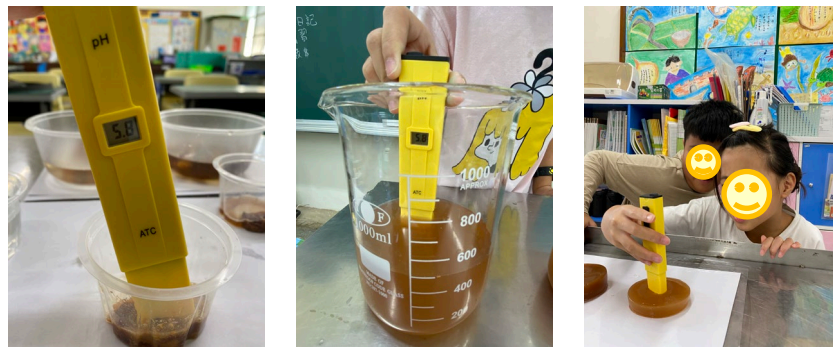
響林社區的耆老告訴我們，越黑紫色越成熟的大果藤榕，可以搓洗出越多的果膠，但是吃起來口感也會越酸。所以我們想藉由 PH 測試儀，觀察採集到的大果藤榕的酸鹼度。而是否成凍，我們也參考許多歷屆科展作品，測試果凍的 Q 彈度方法，但是實際試吃過就知道，不是越硬越 Q 彈就越好吃，有時滑順的口感反而受歡迎，因此我們改用秤重方式計算凝結率。

(一) 凝膠產生的 PH 值：

日曬或烘乾後的果乾，我們先用封口機密封好，標示日期，並放置常溫一個月（圖 9）。使用前，果乾先浸泡清水 20 分鐘，再使用設計裝置搓洗大果藤榕 15 分鐘，並紀錄 PH 值。我們覆蓋保鮮膜以防止水分散失，靜置 6 小時後，觀察 PH 值變化（圖 10）。



▲圖 9. 由左至右，日曬與烘乾溫度為 40°C、45°C、50°C、55°C、60°C 的果乾



▲圖 10. 檢測 PH 值

(二) 凝膠產生的凝結率：

我們想知道是否凝結成功，因此靜置 6 小時後，用濾網過濾，如果凝膠成凍，就不會通過濾網，因而計算出不同烘乾溫度果乾的凝結率（圖 11）。

$$\text{烘乾後的凝結率} = \frac{\text{留在濾網上的重量}}{\text{未過濾前的重量}} \times 100\%$$



▲圖 11. 檢測凝結率

肆、研究結果

一、採集恆春半島大果藤榕，觀察生長分布位置及基本性質

(一) 尋找植物分布並採集：

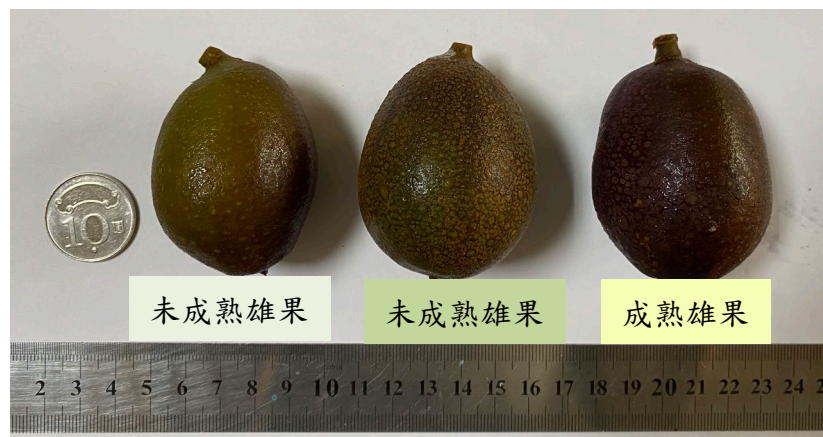
冬天 11—12 月時，我們想再多採摘大果藤榕做實驗觀察，但季節不對，鮮果已經很少，後來的實驗我們是使用夏季 9—10 月時，採摘的冷凍果來操作觀察。

(二) 觀察基本性質：（表 2）

採摘下來的的大果藤榕，公株的雄果未成熟時，縱切開可以看到未開的花，而成熟的雄果有很明顯的花（圖 12）；母株的雌果未成熟切開後也是看到未開的花，而成熟且授粉成功的雌果，則有花和瘦果（圖 13）。

	雄果	未成熟雌果	成熟且授粉雌果
外觀	長卵形，未成熟偏綠色，熟果較暗紅色。	圓球形，較為小顆，顏色為黃橘色。	圓球形，暗紅色，隨著成熟度提升，顏色也有紅轉黑紫色
果高	6 ± 0.5 cm	4.8 ± 0.5 cm	5.1 ± 1 cm
果寬	4.5 ± 0.5 cm	4 ± 0.5 cm	5.5 ± 0.5 cm
果重	53.2 ± 10 g	25.2 ± 6 g	50.6 ± 15 g

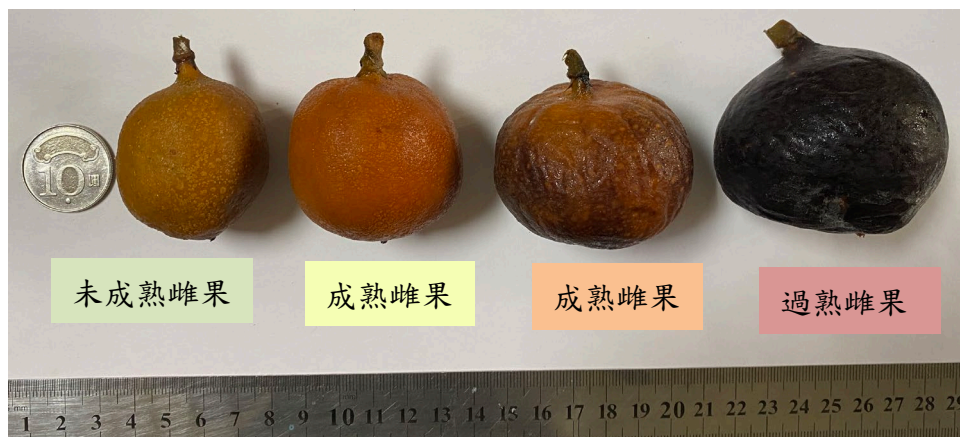
▲表 2. 大果藤榕的雄雌果特徵



▲圖 12-1. 雄果外觀



▲圖 12-2. 成熟雄果縱切開後有雄花



▲圖 13-1. 雌果外觀



▲圖 13-2. 雌果縱切開後



▲圖 13-3.左圖、雌果未開花；右圖、成熟雌果，有花且授粉成功有瘦果

二、 檢測大果藤榕的凝膠原理

(一) 設計大果藤榕凍的凝膠製程：（圖 14）


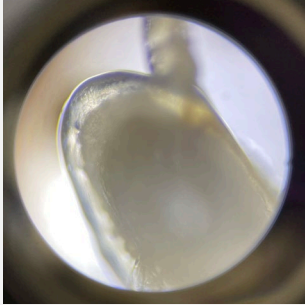

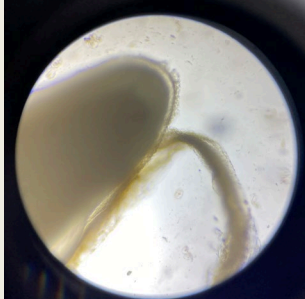

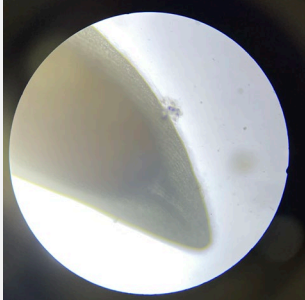
我們製作的離心裝置及設計流程，經過反覆確認此方法，可以穩定的將鮮果或是冷凍果搓洗成凍，後續才用來檢測我們自己烘乾的果乾。



▲ 圖 14. 凝膠製作流程

（圖由左至右：採摘後保存鮮果→浸泡→攪打
→搓洗→靜置→檢測觀察）

(二) 觀察大果藤榕泡水、攪拌後顯微鏡下的形態變化：（表 3）




大果藤榕 瘦果	目鏡 10 倍×物鏡 4 倍	目鏡 10 倍×物鏡 10 倍
泡水		
攪拌搓洗 5 分鐘		
攪拌搓洗 15 分鐘		

▲ 表 3. 顯微鏡下的形態變化


三、探討製成大果藤榕果乾的脫水率

$$\text{烘乾後脫水率} = (\text{原始重量} - \text{烘乾後重量}) / \text{原始重量} \times 100\%$$

(一) 日曬、日曬+烘乾：

第一次 日曬			
時間	第一天 8:00~16:00	第二天 8:00~16:00	第三天 8:00~16:00
室外溫度	34 ± 2°C	34 ± 2°C	35 ± 2°C
成品照			
觀察發現	不夠乾，摸起來還濕濕黏黏的，日曬需要小心看顧。	不夠乾，果肉摸起來軟軟的，周邊會有少許未乾黏液。	切太薄，曬乾後，果片會直接黏著在鐵網上，不易取出。

	鮮果重量	曬乾後重量	脫水率(%)
第一次日曬	283	40.8	85.6

第二次 日曬			
時間	第一天 8:00~16:00	第二天 8:00~16:00	第三天 8:00~16:00
室外溫度	34 ± 2°C	30 ± 2°C	32 ± 2°C
成品照			
觀察發現	不夠乾，摸起來還濕濕黏黏的。	不夠乾，果肉仍潮濕及周邊會有少許未乾黏液。	曬乾後，果片會直接黏著在鐵網上，取下時果籽掉落許多。

	鮮果重量	曬乾後重量	脫水率(%)
第二次日曬	237.3	43.4	81.7




第三次 日曬				
時間	第一天 8:00~16:00	第二天 8:00~16:00	第三天 8:00~16:00	第四天 8:00~16:00
室外溫度	26 ± 1°C	29 ± 1°C	27 ± 1°C	28 ± 1°C
成品照				
觀察發現	不夠乾，摸起來還濕濕黏黏的。	不夠乾，摸起來還濕濕黏黏的，果肉還軟軟的。	不夠乾，果肉周邊會有少許未乾黏液。	摸起來軟軟的觸感，但有乾。

	鮮果重量	曬乾後重量	脫水率(%)
第三次日曬	208.3	51.9	75.1




第四次 日曬、烘乾			
時間	第一天 8:00~16:00	第二天 8:00~16:00	第三天 8:00~16:00
室外溫度	25 ± 1°C	26 ± 1°C	烘乾溫度 30°C
成品照			
觀察發現	需要看天氣，不夠乾，無法連續日曬作業。	摸起來果肉還軟軟濕濕黏黏的。	天氣不穩，改成果乾機烘乾製果 12 小時，效果佳。

	鮮果重量	曬乾後重量	脫水率(%)
第四次日曬、烘乾	316	53.7	83

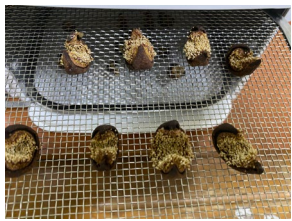


(一) 烘乾(2 顆大果藤榕為一計算量)：

溫度 40°C			
時間	烘乾 10 小時	烘乾 16 小時	烘乾 24 小時
成品照			
觀察發現	成品不夠乾，摸起來還濕濕的。	不夠乾，果肉仍潮濕及周邊會有少許未乾黏液。	效果佳、容易刮籽。

溫度 40°C				
檢測次數	時間	原始重量(g)	烘乾後重量(g)	脫水率(%)
第一次	10 小時	130.1	37	71.6
	16 小時	130.1	25.6	80.3
	24 小時	130.1	23.1	82.2
第二次	10 小時	108.4	31.8	70.7
	16 小時	108.4	24.2	77.7
	24 小時	108.4	19.4	82.1
第三次	10 小時	87.1	25.8	70.4
	16 小時	87.1	17.7	79.7
	24 小時	87.1	14.2	83.7
第四次	10 小時	104.3	32	69.3
	16 小時	104.3	22.1	78.8
	24 小時	104.3	18.3	82.5
第五次	10 小時	98.2	28.7	70.8
	16 小時	98.2	20.9	78.7
	24 小時	98.2	16.5	83.2

溫度 45°C			
時間	烘乾 10 小時	烘乾 16 小時	烘乾 24 小時
成品照			
觀察發現	成品不夠乾，果肉摸起來仍濕濕滑滑的。	夠乾，果肉果籽都乾了。	效果佳、容易刮籽。




溫度 45°C				
檢測次數	時間	原始重量(g)	烘乾後重量(g)	脫水率(%)
第一次	10 小時	111.3	31.5	71.7
	16 小時	111.3	18.8	83.1
	24 小時	111.3	17.2	84.5
第二次	10 小時	82.5	24.6	70.2
	16 小時	82.5	11.4	86.2
	24 小時	82.5	10	87.9
第三次	10 小時	109.9	30.6	72.2
	16 小時	109.9	16.9	84.6
	24 小時	109.9	16.3	85.2
第四次	10 小時	68.8	20	70.9
	16 小時	68.8	10.5	84.7
	24 小時	68.8	10.5	84.7
第五次	10 小時	89.3	25.8	71.1
	16 小時	89.3	14.2	84.1
	24 小時	89.3	13.6	84.8

溫度 50°C			
時間	烘乾 10 小時	烘乾 16 小時	烘乾 24 小時
成品照			
觀察發現	成品不夠乾，中心還有些許黏液。	夠乾，可輕易撥下	效果佳、容易刮籽。

溫度 50°C				
檢測次數	時間	原始重量(g)	烘乾後重量(g)	脫水率(%)
第一次	10 小時	106.7	21	80.3
	16 小時	106.7	17.1	84
	24 小時	106.7	16.2	84.8
第二次	10 小時	127.4	26	79.6
	16 小時	127.4	20.9	83.6
	24 小時	127.4	18.8	85.2
第三次	10 小時	103	18.5	82
	16 小時	103	15.2	85.2
	24 小時	103	14.9	85.5
第四次	10 小時	114.8	22.2	80.6
	16 小時	114.8	19	83.4
	24 小時	114.8	17.1	85.1
第五次	10 小時	89.4	15.6	82.6
	16 小時	89.4	13	85.5
	24 小時	89.4	12.4	86.1

溫度 55°C			
時間	烘乾 10 小時	烘乾 16 小時	烘乾 24 小時
成品照			
觀察發現	成品夠乾。	夠乾，效果佳。	效果佳、但有紫色毛絮影響品質。

溫度 55°C				
檢測次數	時間	原始重量(g)	烘乾後重量(g)	脫水率(%)
第一次	10 小時	107.3	17.1	84.1
	16 小時	107.3	17.6	83.6
	24 小時	107.3	13.2	87.7
第二次	10 小時	105	16.2	84.6
	16 小時	105	15.9	84.9
	24 小時	105	13.2	87.4
第三次	10 小時	159.3	26.1	83.6
	16 小時	159.3	24.7	84.5
	24 小時	159.3	21.6	86.4
第四次	10 小時	179.5	28.4	84.2
	16 小時	179.5	27.6	84.6
	24 小時	179.5	25	86.1
第五次	10 小時	87.4	13.5	84.6
	16 小時	87.4	13.8	84.2
	24 小時	87.4	12	86.3

溫度 60°C			
時間	烘乾 10 小時	烘乾 16 小時	烘乾 24 小時
成品照			
觀察發現	夠乾。	夠乾，效果佳。	夠乾，效果佳。

溫度 60°C				
檢測次數	時間	原始重量(g)	烘乾後重量(g)	脫水率(%)
第一次	10 小時	85.1	12.3	85.5
	16 小時	85.1	11.6	86.4
	24 小時	85.1	10.1	88.1
第二次	10 小時	77.6	11.8	84.8
	16 小時	77.6	10.5	86.5
	24 小時	77.6	10.1	87
第三次	10 小時	112.2	18.1	83.9
	16 小時	112.2	15.3	86.4
	24 小時	112.2	14.8	86.8
第四次	10 小時	76.4	12.4	83.8
	16 小時	76.4	10.4	86.4
	24 小時	76.4	9.9	87
第五次	10 小時	106.2	17.5	83.5
	16 小時	106.2	16	84.9
	24 小時	106.2	13.2	87.8

四、探討不同烘乾溫度製成的果乾

(一) 凝膠產生的 PH 值：

鮮果 PH 值								
檢測	第一次		第二次		第三次		平均	
	成熟	過熟	成熟	過熟	成熟	過熟	成熟	過熟
浸泡	5.9	5.7	5.9	5.9	5.8	5.8	5.87	5.80
搓洗後	5.5	5.3	5.7	5.5	5.6	5.3	5.60	5.37
靜置 6 小時	5.3	4.7	5.5	4.4	5.2	4.6	5.33	4.57

果乾 PH 值								
	第一次檢測		第二次檢測		第三次檢測		平均	
	搓洗	靜置 6 小時	搓洗	靜置 6 小時	搓洗	靜置 6 小時	搓洗	靜置 6 小時
日曬	4.9	4.7	4.8	4.5	4.8	4.4	4.83	4.53
烘乾 40°C	5.2	5.2	5.1	4.9	5.1	4.8	5.13	4.97
烘乾 45°C	5.1	4.8	5.2	4.8	5.8	5.2	5.37	4.93
烘乾 50°C	5.1	5.0	4.8	4.5	4.8	4.5	4.90	4.67
烘乾 55°C	4.8	4.7	5.1	4.7	5.2	4.7	5.03	4.70
烘乾 60°C	5.0	4.8	4.4	4.3	5.3	5.0	4.90	4.70

(一) 凝膠產生的凝結率：

烘乾後的凝結率 = 留在濾網上的重量 / 未過濾前的重量 × 100%

鮮果凝結率								
檢測	第一次		第二次		第三次		平均	
	成熟	過熟	成熟	過熟	成熟	過熟	成熟	過熟
原始重量(g)	513	724	530	742	512	740	518.33	735.33
濾網上重量(g)	510	723	527	738	512	738	516.33	733.00
凝結率	99.4%	99.9%	99.4%	99.5%	100.0%	99.7%	99.6%	99.7%

果乾凝結率									
檢測	第一次		第二次		第三次		平均		
	原始	濾網上	原始	濾網上	原始	濾網上	原始	濾網上	凝結率
日曬	600	597	560	560	652	652	604	603	99.5%
烘乾 40°C	610	606	563	562	645	644	606	604	99.3%
烘乾 45°C	575	575	561	558	634	634	590	589	100.0%
烘乾 50°C	615	4	560	2	647	3	607	3	0.7%
烘乾 55°C	620	3	550	3	650	3	607	3	0.5%
烘乾 60°C	603	9	567	8	640	7	603	8	1.5%

伍、討論

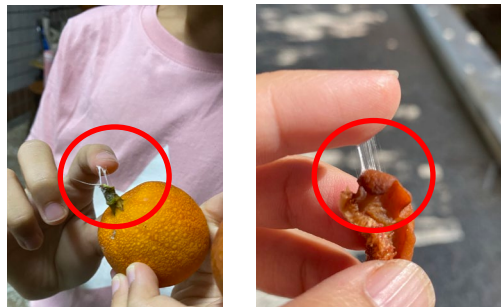
一、採集恆春半島大果藤榕，觀察生長分布位置及基本性質

(一) 尋找植物分布並採集：

採摘大果藤榕時我們才知道，大果藤榕主要分布在恆春半島、蘭嶼、花東等山區，以前想吃到好吃的果凍飲，都需要上山且爬樹才採摘的到，後來我們拜訪響林社區耆老，原來早有果農利用插枝法，從高山上分枝並細心栽種應用，才讓恆春半島平地也有了這樣美味又有特色的甜品凍飲。

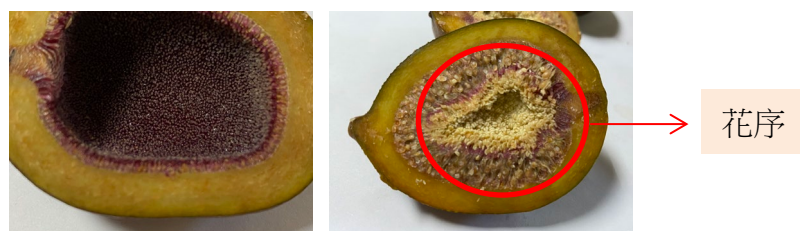
(二) 觀察基本性質：

採摘後我們發現鮮果無法馬上切開搓洗成凍，因為摘下來後，樹枝會分泌出具有相當黏性的白色乳汁，非常的黏手（圖 15），用清水搓洗也無法洗淨這樣的黏膩感，如果馬上切開，反而會使刀具與果肉沾黏，影響搓洗製作。也因為如此，大果藤榕不像愛玉可以現摘現搓洗成凍，大果藤榕需要藉由日曬風乾或是冷凍保存一陣子，白色乳汁會減少或消失，才可以搓洗。



▲ 圖 15. 剛採摘下來或是半乾狀態，都會分泌出具有相當黏性的白色乳汁

雄果外觀比較分不出來成熟還是未成熟，但是切開後，可以分辨出，成熟雄果有非常明顯的花（圖 16）。而雌果縱切開後，我們發現肉眼看到有分白和紅色，原來瘦果越多肉眼看到會越白（圖 17）。而雄果和未成熟的雌果因為不具有果膠，所以摸起來都不具有光滑感，也就不適合拿來搓洗成凍。



▲ 圖 16. 左圖未成熟雄果；右圖成熟雄果有非常明顯的花



▲圖 17. 雌果瘦果越多肉眼看到會越白

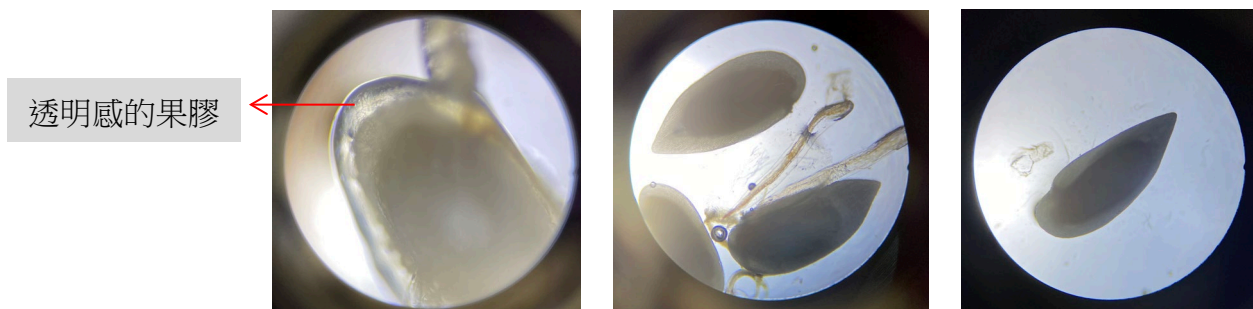
二、 檢測大果藤榕的凝膠原理

(一) 設計大果藤榕凍的凝膠製程：

凝膠製作過程，水質的選用，我們選某廠牌含鈣離子較高的礦泉水，水的比例我們參考耆老的口述分享，也嘗試多次後，發現乾果與水的比例 1：40 是非常理想的狀態。

(二) 觀察大果藤榕泡水、攪拌後顯微鏡下的形態變化：

在顯微鏡下觀察，發現瘦果外層有一層透明的果膠，但當泡水且受到外力摩擦後，果膠會不見，只剩下瘦果種子和外皮（圖 18）。翻閱文獻，我們知道瘦果內其實含有抑制凝膠的物質，如果像愛玉在攪拌搓洗時，力度過大，種子會破裂滲出大量抑制物質，反而使凝膠無法形成，因此不可搓洗過久。但我們發現大果藤榕的瘦果不像愛玉一般容易破裂，可能是瘦果較小，種子也較堅硬，我們測試搓洗摩擦 30 分鐘後再觀察瘦果，種子也依然完好沒有破裂。



▲圖 18. 由左至右，瘦果搓洗前、搓洗 10 分鐘、搓洗 30 分鐘

三、探討製成大果藤榕果乾的脫水率

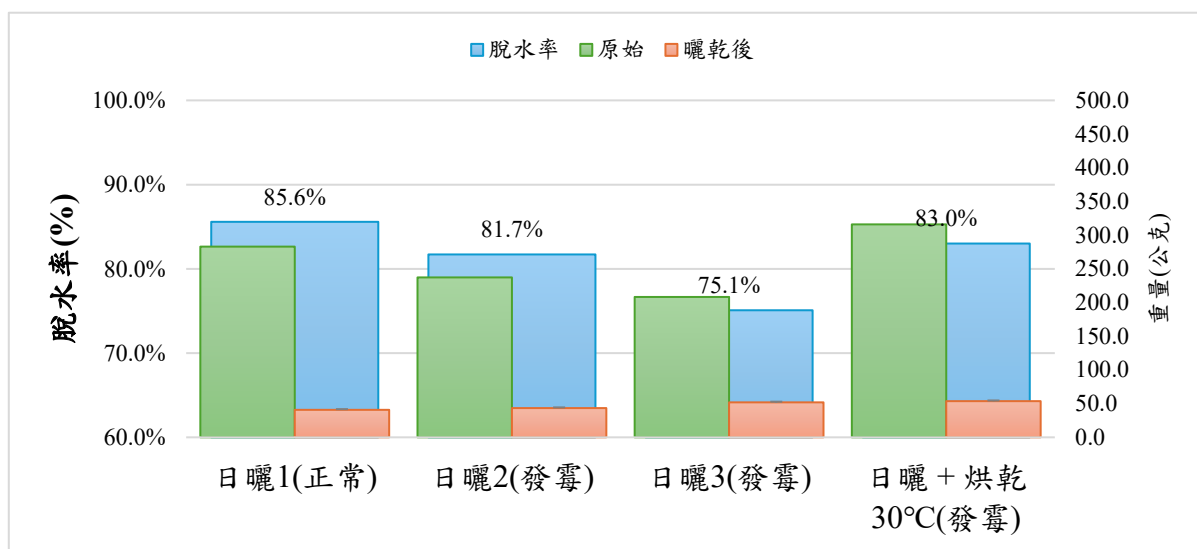
(一) 日曬：

只有在天氣晴朗的日子可以進行日曬作業，果乾也能曬乾，但日曬作業要考量當天的溫度、空氣中濕度、沾附灰塵……等，變因太多也會導致有些果乾脫水率低，也嘗試日曬加上烘乾，但保存一個月後，發現只要脫水率低於 84%的果乾全數發霉（圖 19），查詢文獻後，我們發現烘製果乾時，如果內部中央的水分，無法散發出去，而外部表面硬化，反而會造成果乾發霉腐敗。所以透過脫水率，可以精準知道是否真的將水分去除，達到較好的保存。（表 4）



▲ 圖 19. 保存一個月後，發霉腐敗

脫水率				
重量(g)	原始	曬乾後	脫水率	保存一個月後
日曬 1	283.0	40.8	85.6%	正常
日曬 2	237.3	43.4	81.7%	發霉
日曬 3	208.3	51.9	75.1%	發霉
日曬 + 烘乾 30°C	316.0	53.7	83.0%	發霉

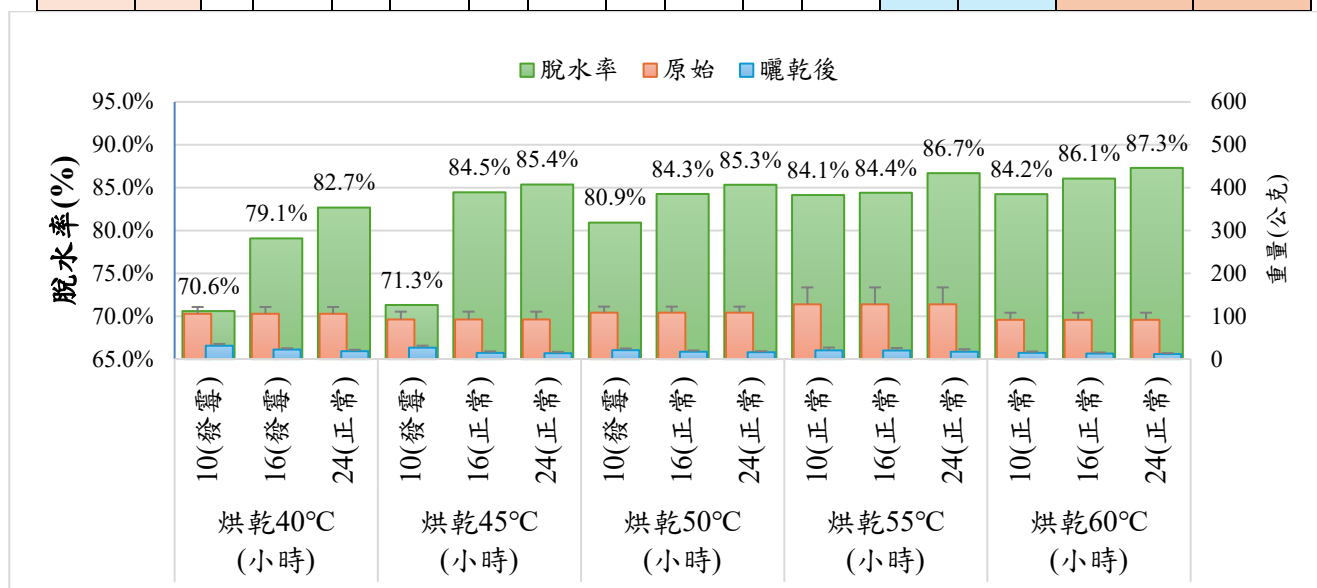


▲ 表 4. 日曬脫水率比較

(二) 烘乾：

以乾果機設定溫度不但方便衛生又快速，果乾可以保存時間也較長，一般果乾可以保鮮 1 至 12 個月，多長的時間就取決於食物本身的含水量，脫水率越高保存時間就越長，而烘製大果藤榕脫水率都是穩定在 84%~86% 這樣數值（表 5），當脫水率低於 84%，我們發現果乾內部仍偏濕黏，而低於 80% 的果乾放置不到一個月就發霉腐敗（圖 20）。如果可以預先將處理方式、溫度設定好，就可以保存更久。

脫水率															
檢測	重量(g)	第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		平均			
		原始	曬乾後	原始	曬乾後	原始	曬乾後	原始	曬乾後	原始	曬乾後	原始	曬乾後	脫水率	保存一個月後
烘乾 40°C (小時)	10	130.1	37.0	108.4	31.8	87.1	25.8	104.3	32.0	98.2	28.7	105.6	31.1	70.6%	發霉
	16	130.1	25.6	108.4	24.2	87.1	17.7	104.3	22.1	98.2	20.9	105.6	22.1	79.1%	發霉
	24	130.1	23.1	108.4	19.4	87.1	14.2	104.3	18.3	98.2	16.5	105.6	18.3	82.7%	正常
烘乾 45°C (小時)	10	111.3	31.5	82.5	24.6	109.9	30.6	68.8	20.0	89.3	25.8	92.4	26.5	71.3%	發霉
	16	111.3	18.8	82.5	11.4	109.9	16.9	68.8	10.5	89.3	14.2	92.4	14.4	84.5%	正常
	24	111.3	17.2	82.5	10.0	109.9	16.3	68.8	10.5	89.3	13.6	92.4	13.5	85.4%	正常
烘乾 50°C (小時)	10	106.7	21.0	127.4	26.0	103.0	18.5	114.8	22.2	89.4	15.6	108.3	20.7	80.9%	發霉
	16	106.7	17.1	127.4	20.9	103.0	15.2	114.8	19.0	89.4	13.0	108.3	17.0	84.3%	正常
	24	106.7	16.2	127.4	18.8	103.0	14.9	114.8	17.1	89.4	12.4	108.3	15.9	85.3%	正常
烘乾 55°C (小時)	10	107.3	17.1	105.0	16.2	159.3	26.1	179.5	28.4	87.4	13.5	127.7	20.3	84.1%	正常
	16	107.3	17.6	105.0	15.9	159.3	24.7	179.5	27.6	87.4	13.8	127.7	19.9	84.4%	正常
	24	107.3	13.2	105.0	13.2	159.3	21.6	179.5	25.0	87.4	12.0	127.7	17.0	86.7%	正常
烘乾 60°C (小時)	10	85.1	12.3	77.6	11.8	112.2	18.1	76.4	12.4	106.2	17.5	91.5	14.4	84.2%	正常
	16	85.1	11.6	77.6	10.5	112.2	15.3	76.4	10.4	106.2	16.0	91.5	12.8	86.1%	正常
	24	85.1	10.1	77.6	10.1	112.2	14.8	76.4	9.9	106.2	13.2	91.5	11.6	87.3%	正常



▲ 表 5. 不同溫度烘乾的脫水率比較



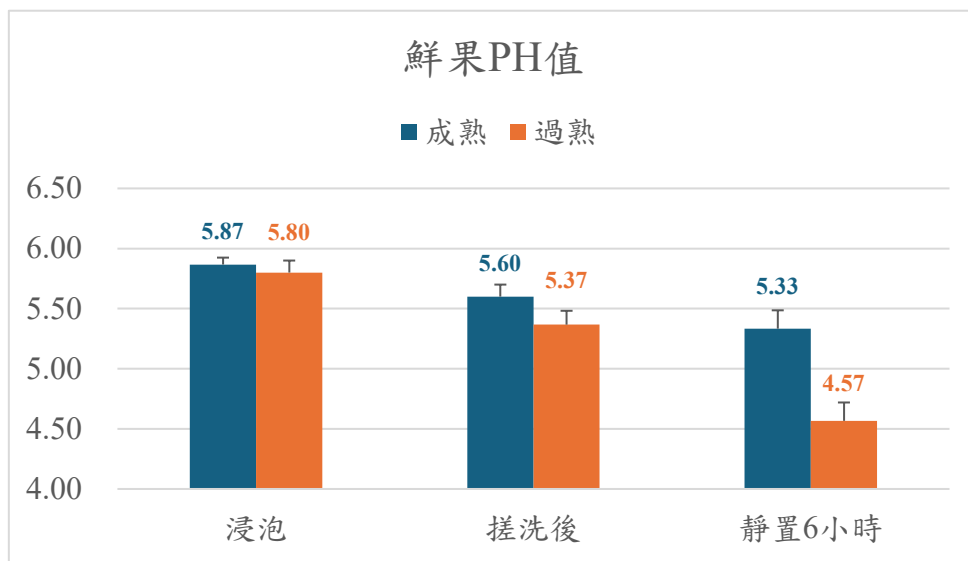
▲圖 20. 脫水率低於 80%，保存不到一個月全數發霉

四、探討不同烘乾溫度製成的果乾

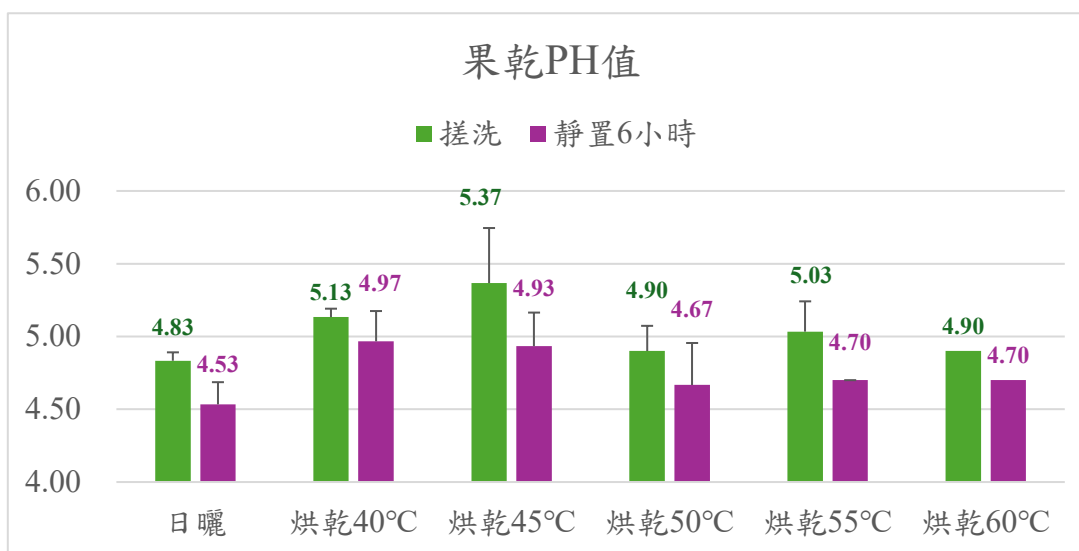
(一) 凝膠產生的 PH 值：

我們檢測時發現，鮮果會因為成熟度不同而產生不同的 PH 值，而過熟的鮮果 PH 值會因為靜置時間越長而越低。翻閱文獻中發現，大果藤榕產生凝膠作用時，因為果膠酯酶作用產生自由羧基，因而降低 PH 值，果然響林社區耆老口述的是正確的，過熟鮮果搓洗成凍，口感吃起來會偏酸。（表 6）

但烘乾製果的果乾顏色皆較深黑，無法辨別成熟度，我們發現不同溫度的果乾，搓洗靜置後，PH 值都會下降，但是實驗時某些果乾 PH 值又會特別低，我們無法從數據找到規律（表 7），因此我們反推想，可能當時鮮果選擇時，是選到較過熟的鮮果烘製，所以 PH 值較低，與烘乾溫度無關。



▲表 6. 鮮果 PH 值比較，過熟鮮果 PH 值較低



▲表 7. 果乾 PH 值比較

(二) 凝膠產生的凝結率：

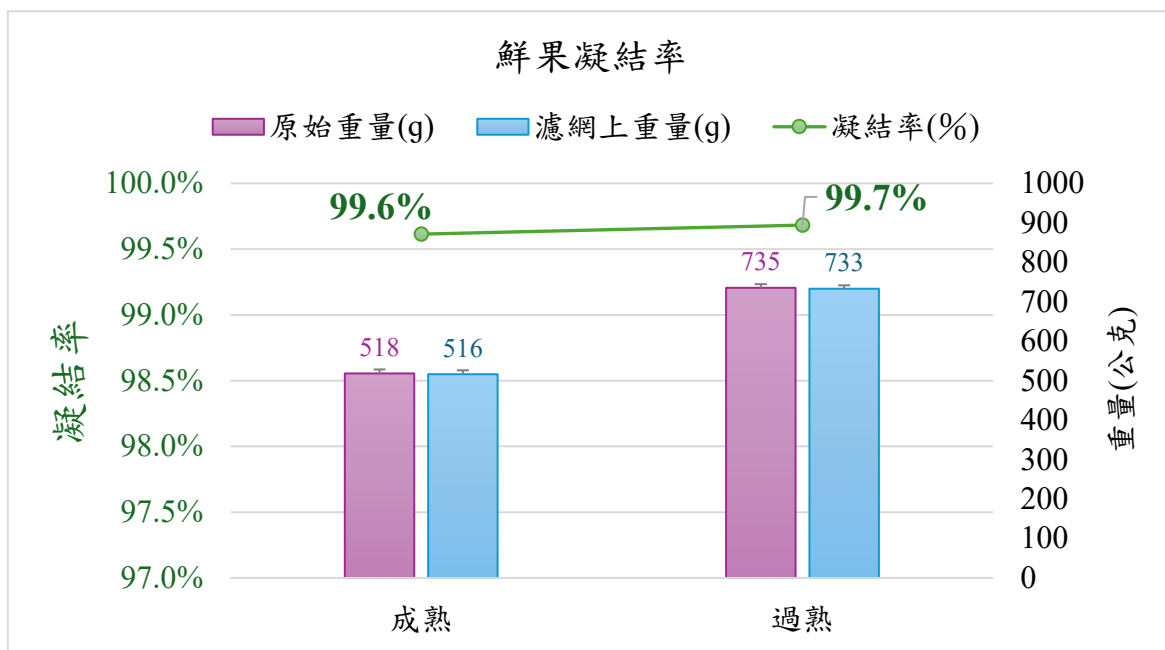
大果藤榕鮮果凝結率都很好，過熟比成熟果更佳一些（表 8）。在部分日曬與烘乾 40~45°C，脫水率達到 83~85%的果乾，保存 1~2 個多月後都不會影響凝膠製作，皆能搓洗成凍（圖 21）。而烘乾溫度 50~60°C的果乾，皆無法搓洗成凍，雖然搓洗過程中，依然有光滑黏稠的果膠產出，但靜置 6 小時甚至 12 小時後觀察，卻無法成凍，凝結率趨近於 0%（圖 22）。我們發現烘製過程中，溫度一旦超過 45°C 以上，就會破壞果膠分子上的果膠酯酶，使大果藤榕在搓洗過程中無法產生凝膠作用，凝結率低無法成凍（表 9）。



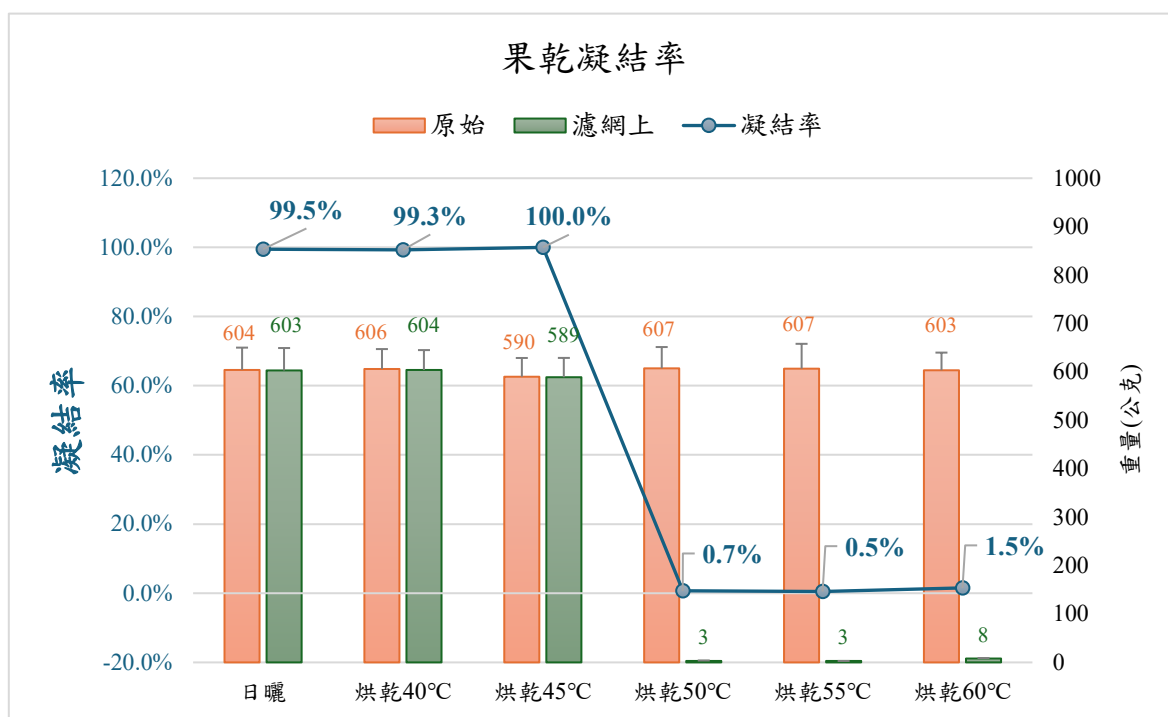
▲圖 21. 溫度 40~45°C 果乾可產生凝膠成凍



▲圖 22. 溫度 50~60°C 的果乾，無法成凍



▲ 表 8. 鮮果凝結率



▲ 表 9. 不同溫度果乾的凝結率

陸、結論

大果藤榕凍一般在製作時，都是採用鮮果冷凍處理，但鮮果有時效性，冷凍也很佔空間與耗費電力，也常因為季節而無法採收鮮果，我們想如果能像愛玉籽一般可以保存較長時間，那恆春半島的大果藤榕就有更好的經濟效益。

實驗時我們發現 120 g 的大果藤榕（大約 2~3 顆的鮮果），只能取出大約 10 g 的果籽，經濟效益實在太低，還好大果藤榕成熟的雌果，表層果皮與果肉都含有豐富的果膠和果膠酯酶，所以我們藉由烘乾整顆大果藤榕，並計算出脫水率只要達到 83~85% 的果乾，就可以增長保存期限。而 PH 值跟雌果的成熟度有關，越成熟的雌果，PH 值越低，口感也越酸。

日曬果乾脫水率佳的，可以搓洗成凍，但日曬時間較長，且要小心看照，人力付出大，用果乾機烘乾製果，衛生方便又快速，製成果乾時間可以縮短，且較省電費。

結論，想製成大果藤榕果乾，鮮果選成熟果但是不要過熟，口感才不會偏酸，控制烘乾溫度 45°C，時間 16 小時，脫水率達到 84%，就不會破壞果膠分子上的果膠酯酶，可以保存 1~6 個月，甚至更久。當我們自己品嚐到自己烘乾製成的果凍，真的令人為之「凍榕」，我們也分享給老師和同學們一起享用，加上糖水冰冰涼涼的好好吃（圖 23）。

有了好的保存方式，大果藤榕凝膠後食用，具有獨特的草味和烏梅酸，酸味我們知道是因為過熟造成的，接下來我們想繼續研究，如何去除草味，讓更多人可以喜歡恆春半島的地方特產一大果藤榕。



▲ 圖 23. 分享給大家一起享用，冰涼的果凍好好吃

柒、參考資料及其他

黃品維（2022）· 為什麼愛玉籽洗一洗就會「結凍」？—從國民美食到生醫材料· 中央研究院研之有物· 泛科學· 取自 <https://pansci.asia/archives/344457>

黃永傳、陳文彬、邵雲屏（1980）· 愛玉凍文化機構研究· 中國園藝· 26 卷 4 期。文章網址 https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?id=10069

余家瑩(2018)· 愛玉的營養科學（二）· 科技大觀園· 取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=60dde4fa-4cd2-414e-8b2b-3c2b6d750325>

陳英宇、梁貿淞、林政宇、黃琛富（2010）· 「凍」裡乾坤—愛玉凝膠因子之探討· 第 50 屆國中組科學展覽會· 生活與應用科學科。

莊竣守、曾旭宏、葉宸瑋（2016）· 易籽而膠，行之有酵—探討薜荔榕亞屬植物的凝膠特性與酵素活性分析· 第 56 屆國中組科學展覽會· 生物科。

何梓華、翁婉榆、曾旭宏（2018）· 「醬」新獨具—低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討· 第 58 屆高級中等學校組· 農業與食品學科。

馮幼佳（2009）· 愛玉子瘦果渣水萃物中中果膠酯酶抑制物之研究· 國立臺灣大學生物資源暨農學院化學研究所碩士論文，台北市。

李柏宏（2000）· 愛玉子凝膠性質及愛玉品質之研究· 國立臺灣大學農業化學研究所博士論文，台北市。

李佳佩（2001）· 愛玉子果膠酯酶抑制劑之理化性質分析及應用性探討· 國立臺灣大學食品科技研究所碩士論文，台北市。