

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

(鄉土)教材獎

082809

自己的鳳梨自己救—電腦烘培的鳳梨乾

學校名稱：高雄市大樹區龍目國民小學

作者： 小六 施庠均 小六 陳睿甫 小六 蔡皇奇 小六 蔡宥翔	指導老師： 張代雄 吳源豐
---	---------------------

關鍵詞：鳳梨乾、Arduino 微電腦、

水份平衡變溫烘培

摘要

電腦能幫我們烘培鳳梨乾嗎？家鄉居民種植的鳳梨豐收時，也要擔心價格的下跌。我們融合家鄉和專家提供的鳳梨烘培法，設計了多個實驗，想要找到更好的烘培方式。

要能順利完成這些實驗，必須要在烘培的過程中，不斷的改變烘培溫度，如果由人工操作，將是一個不可能完成的任務，因此我們想由電腦來幫忙控制果乾機的溫度。

利用學校所教的程式設計，我們結合了 Arduino 微控卡、感測模組、果乾機，自製了一台變溫果乾機，藉由電腦程式，我們能控制烤箱中的溫度，並將相關資料儲存起來、分析利用，因此成功的完成了實驗，也烘培出了好吃的鳳梨乾，而且在創新口味、增加保期、縮短時間、節約電能上，都能有改進，電腦確實幫我們烘培出了優質鳳梨乾。

壹、研究動機

六年級下學期自然課本裡提到食物乾燥保存，在我們的家鄉，有許多居民種植鳳梨，有時會把已經成熟賣不掉的鳳梨乾燥成鳳梨乾，除了增加保存期限，也另有一番風味，但在烘乾的過程中，卻是相當耗費人工和時間的，是否有更好的烘乾方法來節省時間和人力，也能有多種鳳梨口味，增加銷路呢？

現在常聽到掃地機器人、聊天機器人，是不是可以有機器人來幫我們控制溫度、烘培鳳梨乾呢？我們在學校有學到程式編寫及機器人操作，只要我們寫了程式，機器人就會依照指令來做事，讓我們感覺相當有趣和神奇，似乎機器人是萬能的。是否可以自己設計一台自動控溫的鳳梨專用烘乾機，幫助家鄉的居民呢？就讓我們來試一試吧！

貳、研究目的

研究的主要目的是要利用電腦科技，幫我們找到新的鳳梨乾烘培方法，要能提高品質、增加效率、口味多元，在這個大目標下，我們希望達成幾個小目標如下：

- 一、做出一台程式控制溫度的鳳梨烘乾機。
- 二、研發出好吃、好看及安心的鳳梨乾。
- 三、完成一台可調整厚度的鳳梨切片器。
- 四、學習並應用 Arduino 控制卡、多種感測模組。

參、研究工具及材料

斜口鉗、螺絲起子、電烙鐵、錫絲、鋸條、游標尺、酒精溫度計、電錶、杜邦線、電子秤、砝碼、Arduino UNO 控制板、溫濕度感測模組、顯示模組、重量感測模組、觸摸感應模組、relay 繼電器模組等。



圖 1：研究工具圖

研究材料說明：

	<p>類似一台小電腦，可控制多個感測模組，可編寫程式，價格便宜，購買容易。</p>		<p>有 4 隻引出腳，可偵測到放在盤上的物體重量。使用環境溫度可達 80°C。</p>
	<p>有 6 隻引出腳，和 Arduino 控制卡連接後，可將資料存入記憶卡中。</p>		<p>4 位數的七段顯示模組，有 4 隻引出腳，可連接到 Arduino 控制卡。</p>
	<p>有 6 隻引出腳，觸摸其上的數字部分，相對應的腳位輸出高電位。</p>		<p>有 3 隻引出腳，可偵測到周圍環境的溫度和濕度。使用環境溫度可達 80°C。</p>
	<p>有 3 隻引出腳供控制用，另有 3 個螺絲孔位供大電力使用</p>		<p>每個線頭有排針或插孔，可供 Arduino 控制卡連接到周邊感測模組用。</p>

肆、研究過程及方法

一、相關知識探索

(一)探訪家鄉居民：

鳳梨是原產於巴拉圭、巴西的熱帶水果，現在台灣中南部種了很多，它的營養價值相當高，但是糖尿病患者要注意食用，因為它很甜。我們探訪家鄉居民，了解到大多數的農民會種植鳳梨，而且農田有十分之九是鳳梨田，有部分農民會將多餘的鳳梨烘製成鳳梨乾。

(二)初步研究方向：

探訪家鄉居民後，家鄉居民提供了二種鳳梨乾作法，第一種是溫度 55°C 烘培 24 小時，第二種是 60°C 烘培 12 小時加上 50°C 烘培 12 小時，二者全程都是 24 小時，家鄉居民並建議鳳梨切片的厚度在 9~10mm 之間，由此引發我們想到了三個實驗：

- (1)傳統烘培實驗：把家鄉居民乾燥鳳梨乾的作法做一次，以便了解傳統烘培的製作過程。
- (2)6 種乾度實驗：把鳳梨乾依烘培時間分成 6 種乾度，有軟有硬提供顧客多重選擇。
- (3)快速烘培實驗：如同煮雞湯一般，先大火燉煮，再小火慢熬，因此想要提高乾燥溫度，以便縮短烘培時間。



圖 2：探訪家鄉居民圖

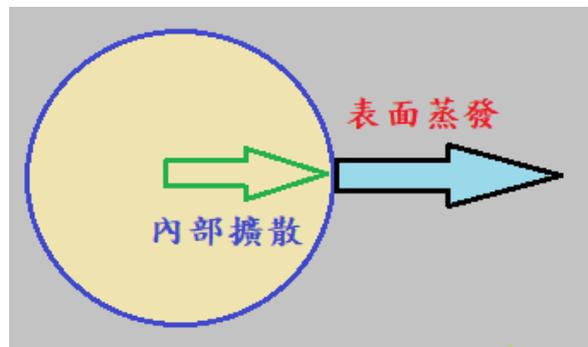


圖 3：物體水分平衡示意圖

(三)學者專家的資料：

接著我們收集網路上的資料，找到一篇臺東區農業專訊 /104 期「淺談鳳梨乾製作方法及要領」，作者是陳盈方，文章中提到水分平衡、水活性、高溫褐變等三個重要觀念。

- (1)水分平衡：鳳梨因果實緊密，在烘烤的過程中增加「停機」的動作，讓內部的水分有時間擴散到外部，有利於烘乾作業。

(2)水活性：一般 24 小時烘乾的鳳梨乾的水活性約 0.85，提供的新方法可以讓水活性降至 0.6，食物可以保存較久，但烘培全部過程需要 40 小時。

(3)高溫褐變：鳳梨富含豐富的鳳梨酵素，在烘乾的過程中，烘培溫度如果超過 60°C，會使鳳梨酵素被破壞而產生褐變，也就是鳳梨乾的顏色變成褐色。

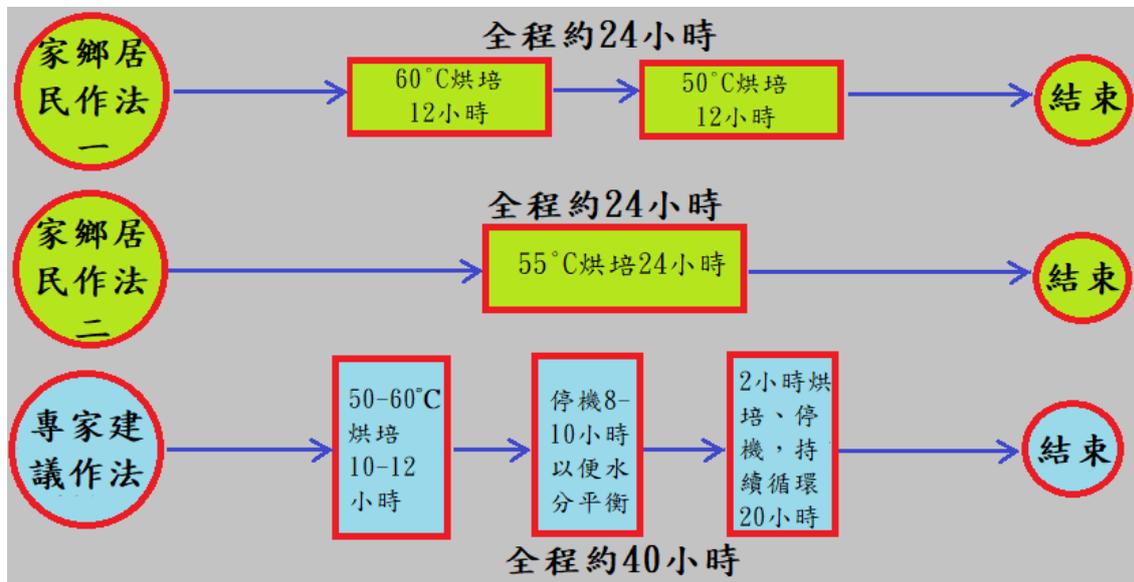


圖 4：三種現行鳳梨烘培流程圖

(四)遇到大難題：

由文章中提到的觀念，讓我們的初步研究方向產生了重大阻礙，首先是高溫褐變，讓之前想到大火燉煮雞湯的實驗泡湯了，另一個是新方法要烘培 40 小時，中間還要開開停停的，十分繁瑣又耗時，家鄉居民一定不會採用的。

(五)克服困難繼續前進：

遇到了這些難題，讓我們的研究停了一段時間，不知如何繼續下去，要放棄了嗎？有天靈光一閃，「高溫褐變」長得什麼樣子呢？過程是如何呢？我們何不來了解一下；接著我們又想到，學校學習的程式設計和機器人操作，可能可以解決繁瑣的開開關關的問題，想到這裡，我們又繼續研究下去了。

(六)研究架構成形：

我們的研究從搜尋鳳梨乾的相關知識開始，也自製了鳳梨切片器，了解了有關鳳梨烘乾一些知識後，接著購買一些 Arduino 的相關模組，一邊測試一邊學習，而後將這些模組組合

起來，並寫了烘培程式，實驗前的準備都好了後，我們依序做了六個實驗：傳統烘培實驗、6種乾度實驗、高溫褐變實驗、加速烘培實驗等、環境低溫烘培實驗、變溫烘培實驗、研究架構流程如下：

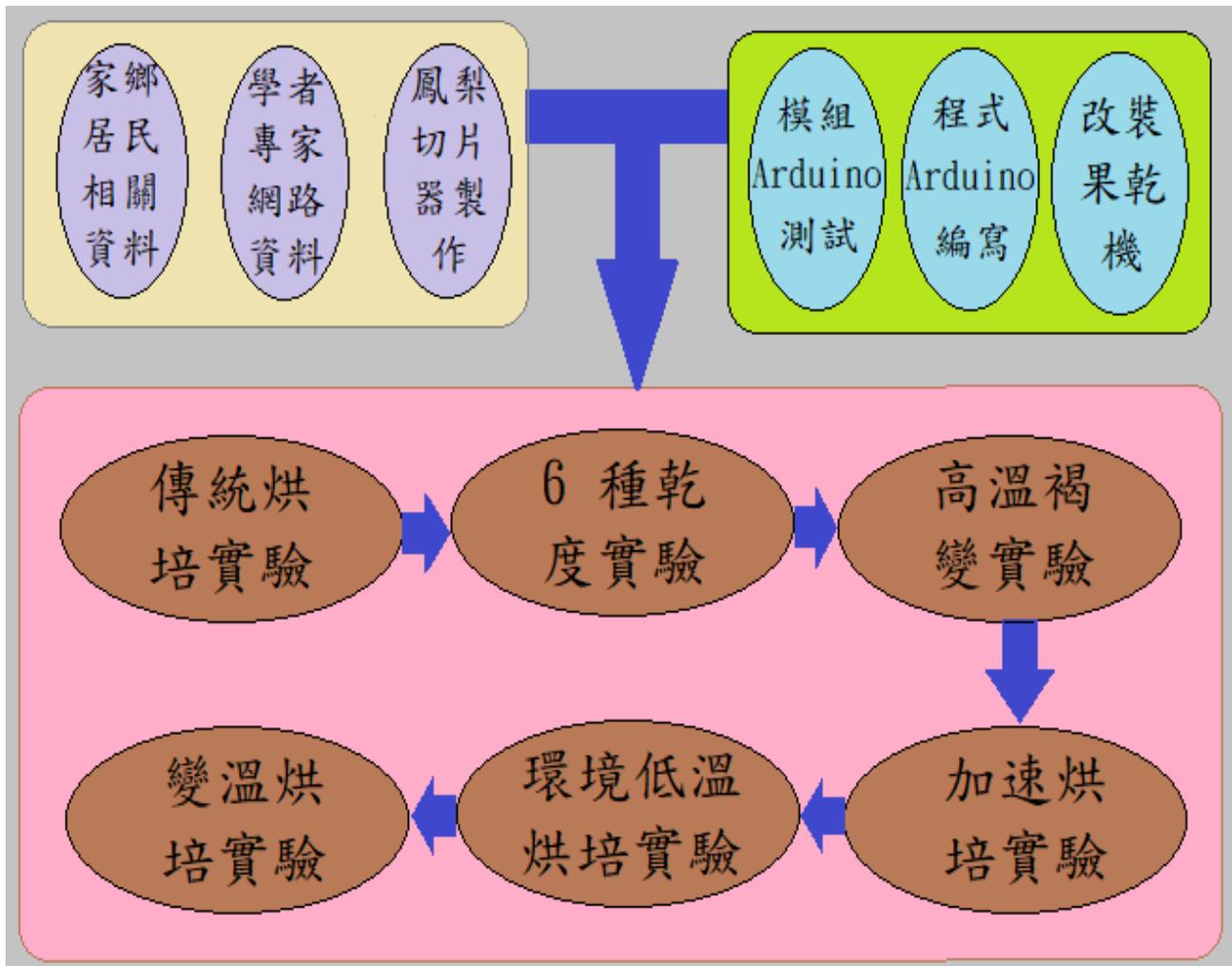


圖 5：研究架構流程圖

(七)鳳梨切片器製作：

我們要做一個能切出均勻鳳梨片厚度的器具，以吐司切片器為主體，留下吐司切片器第一節，其餘鋸掉，第一節的厚度是 14mm，因此在擋板的地方加上光碟片，1 張光碟片是 1.2mm，3 張光碟片有 3.6mm 厚，因此第一節的厚度變成了 10.4mm，只要把鳳梨靠緊擋板，就可切出 10.4mm 厚的鳳梨片了，如果再多疊 1 張，就可切出 9.2mm 厚的鳳梨片，接著在底板鎖上 2 個三角柱，呈現 V 字形，這樣可以固定鳳梨不會左右晃動，三角柱的底面靠著擋板邊緣，留下一個空隙，剛好是刀片的厚度，這樣就可以切出均勻厚度的鳳梨片了。

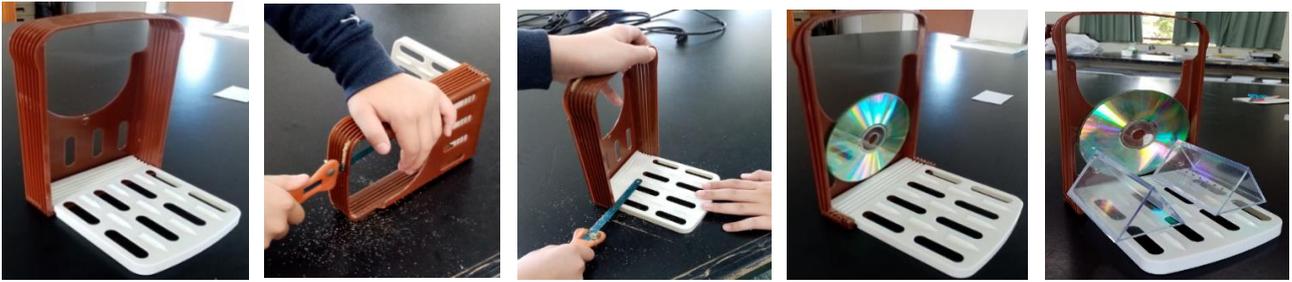


圖 6：改裝鳳梨切片器過程圖

鳳梨切片會碰到光碟片，安全嗎？

光碟片會反光的那一層是圓基片，也就是鳳梨切片碰到的部分，通常成分是聚碳酸酯，英文縮寫為 PC，可作為醫療用途的杯子、瓶裝容器等，因此是十分安全的。

二、變溫果乾機製作：

研究架構成形後，接著要做出變溫果乾機，後面的研究才能繼續下去，變溫果乾機的學習、製作過程如下：

(一)由 Scratch 到 Arduino 微電腦控制：

學校學到的 Scratch 比較容易，但對應到的硬體沒有找到，但是我們找到了 Arduino 的硬體，Arduino 如同一台小電腦，它的控制板約半個手掌大小，有許多腳位可連接外部的感測模組，程式在 Arduino IDE 編寫，寫好後上傳到控制板。相關材料價格便宜，通常 500 元內的材料費，幾乎就可以完成一個控制系統了，但是它的缺點是要使用文字型程式，這我們之前沒有學過，怎麼辦？我們就只要控制電熱絲，是不是只需要簡單的 Arduino 程式？就像學英文很困難，但小學生只要學簡單的英文，就讓我們開始學習 Arduino 語言吧。

(二)Arduino 微電腦基本程式學習：

1.進入 Arduino IDE：可以在裡面編寫程式，一進入就會有一個空程式出現，如程式 1。

2.選取範例「LED 閃爍」：在 IDE 裡的範例裡，如程式 2。我們把這個程式上傳到 Arduino 控制卡，就可以看到控制卡上的 LED 一閃一閃的。

程式 1：Arduino 空程式

程式 2：LED 閃爍程式

<pre>void setup() { } void loop() { }</pre>	<pre>void setup() { pinMode(13, OUTPUT); } void loop() { digitalWrite(13, HIGH);</pre>	<pre> delay(1000); digitalWrite(13, LOW); delay(1000); }</pre>
---	--	---

3.小學生也能懂：前 2 個程式一個字沒打就完成了，對小學生來講似乎一點也不難。

(三) 我們對變溫果乾機的要求：

要能夠偵測果乾機中的溫濕度、顯示溫溼度、偵測鳳梨乾的重量、顯示鳳梨乾的重量、顯示烘培時間、儲存烘培資料、控制繼電器等。

(四)溫度控制練習：

我們模擬冷氣機設定溫度方式，當溫度高於設定溫度 1°C 開電扇，當溫度低於設定溫度 1°C 關電扇。我們拿一個延長線，其中一條線剪斷，二個斷線的頭接到繼電器 NO 的兩個接點上，這樣就可以用繼電器來控制延長線了，把電扇接到這個延長線上，用杜邦線連接主控板和 Relay 繼電器及溫溼度模組，就完成了硬體組裝如下。



圖 7：Relay 繼電器控制風扇工作圖

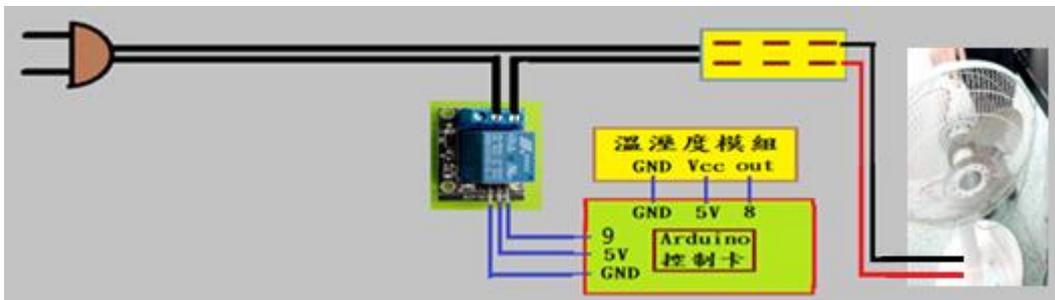


圖 8：Relay 繼電器控制風扇示意圖

程式 3：Relay 繼電器控制風扇測試程式

<pre>#include "DHT.h" DHT dht(8, DHT22); // 溫度接第 8 腳 float T; //開機時的溫度 float Temp; void setup() { pinMode(9, OUTPUT); //繼電器訊號腳 T = dht.readTemperature()+2; //提高 2 度，比較好測試 }</pre>	<pre>void loop() { Temp = dht.readTemperature(); if (Temp > (T+1)) digitalWrite(9, LOW); if (Temp < (T-1)) digitalWrite(9, HIGH); delay(1000); }</pre>
--	---

溫溼度模組校正：

購買的溫溼度模組到底準不準呢？要來確定一下，我們使用沸水法(持續煮滾的水)和冰水法(碎冰和水)，先檢查酒精玻璃管溫度計有沒有 100°C 和 0°C，經實際量測酒精溫度計在沸水中為 99~100°C，冰水中為 0~1°C，這樣證明了酒精溫度計是準確的。接著利用酒精溫度計來校正 Arduino 溫溼度感測模組，二者一同放進烤箱中，比對兩者的量測，由下表可知，我們購買的溫溼度模組還是很準確的，不用校正了。

表 1：溫溼度模組酒精溫度計比對表

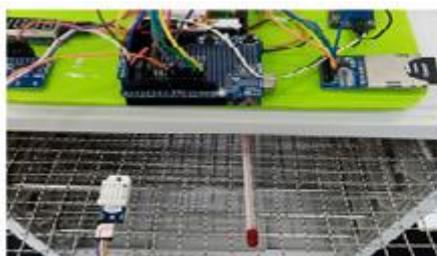


圖 9：Arduino 溫溼度模組校正過程圖

烤箱溫度	酒精溫度計	Arduino 模組
溫度 1	32~33°C	32.4°C
溫度 2	51~52°C	51.6°C
溫度 3	68~69°C	68.2°C

(五)怎樣學會 Arduino 模組程式：

上一個程式困難多了，因為使用到了溫溼度模組，要怎樣學習 Arduino 模組程式呢？我們利用下列的範例學習三步驟，其實很容易的就學會了寫程式。

範例學習三步驟：

- 1.使用範例：下載模組的範例及函式庫，接好線路，執行範例程式，看看是否成功。
- 2.看懂範例：若能成功，接下來要看懂這個範例，找到範例裡的關鍵指令。
- 3.修改範例：找到關鍵指令後，在我們的程式中加入關鍵指令，完成新的程式。

範例裡的 `temp = dht.readTemperature()` 和 `hum = dht.readHumidity()`，就是溫溼度模組裡的關鍵指令，我們把它複製下來，貼在我們的程式中，有點像拉積木的方式，其實上個程式裡最難的指令不是關鍵指令，而是 `if...else...` 指令，這個以後再說明。



圖 10：Arduino 範例學習三步驟示意圖

(六)重量感測模組、顯示模組測試

同上一個方式，我們找到重量感測模組、顯示模組的關鍵指令 `Weight = Get_Weight();`和 `display.showNumberDec(Weight);`;執行程式 4，我們就可以在顯示模組上看到測量到的重量了。

程式 4：「重量感測模組」「顯示模組」組合測試程式

<pre>#include "HX711.h" #include <TM1637Display.h> TM1637Display display(4, 5); float Weight ;</pre>	<pre>void setup() { Init_Hx711(); //初始化重量模組 display.setBrightness(0x0a); //設定亮度 } void loop() { Weight = Get_Weight(); display.showNumberDec(Weight); delay(1000); }</pre>
---	---

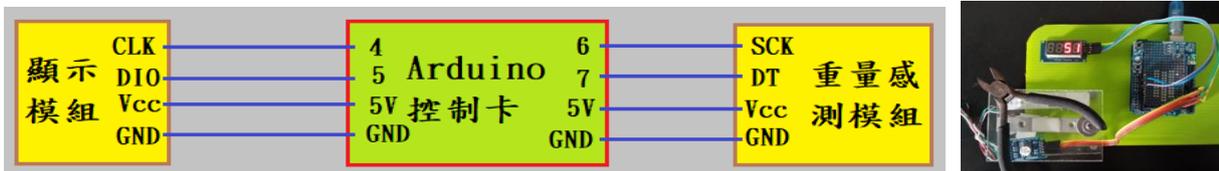


圖 11：顯示、重量感測模組組合線路圖及實際測試圖

組合完成後，程式可每秒顯示一次重量，經我們多次放上、拿下斜口鉗，都顯示是 51 克，這表示重量感測模組的再現性很好，應該是可以用在我們的實驗上。

發現了新問題：

進行到這裡，我們發現了一個大問題，就是「重量感測模組」有溫度誤差，也就是同一個物體在不同的環境溫度下，重量會有些差距，如表 2 所示：

表 2：重量感測模組量測溫度誤差表 表 3：電子秤砝碼量測表

溫度	30°C	50°C	70°C
砝碼重	100g	100g	100g
重量模組量測	100g	96g	92g

砝碼重	100g	50g	1g
電子秤量測	100.0g	50.0g	1.0g



圖 12：電子秤量測圖

如表 2 所示，砝碼的重量應該是不變的，但我們發現在 30°C 測得的重量是 100 公克，當溫度升到 70°C 時，砝碼的重量變成了 92 公克，少了 8 公克，經查資料，發現重量感測模組需要一個溫度補償方法，以便在不同溫度下的量測能一樣，但這個補償程式很難，老師說等以後我們長大了再來學，先用別的辦法解決這個問題。

解決方法：

改用人工的方式來測量，預計每 2 個小時測量一次，測量時迅速打開果乾機的門，拿出鳳梨乾放在電子秤上測量，因為鳳梨乾烘乾的過程本來就有幾次的翻面和調動位置，因此並不會影響烘乾的品質，電子秤也使用標準砝碼測試，測試結果如表 3，顯示電子秤是相當準確的，因此我們改用電子秤來秤鳳梨乾重量。

(七)「溫溼度、觸摸感應、顯示模組」組合測試

觸摸感應模組不需要函式庫，不用找它的關鍵指令，依線路圖接線後，執行程式 5，按感應模組上的「1」，顯示模組會顯示溫度(圖 13 左)，按「2」會顯示濕度(圖 13 右)。

程式 5：溫度、觸摸、顯示模組組合測試程式

<pre>#include "DHT.h" #include <TM1637Display.h> DHT dht(8, DHT22); // 第 8 腳 TM1637Display display(4, 5); float showwhat,hum,temp; void setup() { display.setBrightness(0x0a); pinMode(14, INPUT);</pre>	<pre> pinMode(15, INPUT); } void loop() { hum = dht.readHumidity(); temp = dht.readTemperature(); if (digitalRead(14) == HIGH) showwhat=temp; if (digitalRead(15) == HIGH) showwhat=hum; display.showNumberDec(showwhat); }</pre>
---	--



圖 13：溫度、觸摸、顯示模組組合測試線路圖及測試圖。左圖為溫度，右圖為濕度

(八)果乾機改裝：

改裝的主要部分是將果乾機的電熱絲電源線截斷，截斷後有二股線，這二股線的線頭分別接到 relay 繼電器上，如圖 14 右，就像前面做過的 relay 繼電器控制風扇一樣，只要控制 relay 就可以控制電熱絲的通電了，我們先改裝了「圓形果乾機」，但是使用情形不理想，因此我們改裝了另一個果乾機--「方形果乾機」。

1.圓形果乾機改裝

圓形果乾機的熱風從底部吹來，我們把底部的螺絲鬆開，將電熱絲的電源線斷開，接上 2 條線到控制的 Relay 繼電器上，如圖。

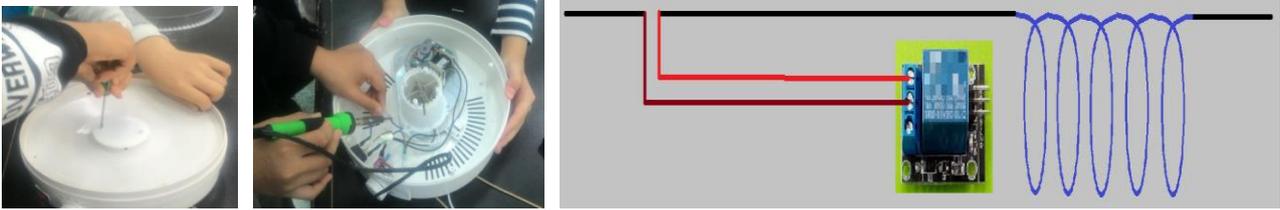


圖 14：圓形果乾機改裝過程及電熱絲接線示意圖

改裝後試用

圓形果乾機的烘培溫度不穩定，尤其是當各層裝滿待烘果片時，每層的溫度可相差到 5°C，最底層和最上層有時相差到 15°C 以上，因此我們放棄使用圓形果乾機。

2.方形果乾機改裝

把背板打開，電熱絲鬆開，焊接在電線的二端上，從背板開一個小孔，電線可以從小孔穿出，再連接在 Relay 繼電器上，就可以由繼電器控制電熱絲了。

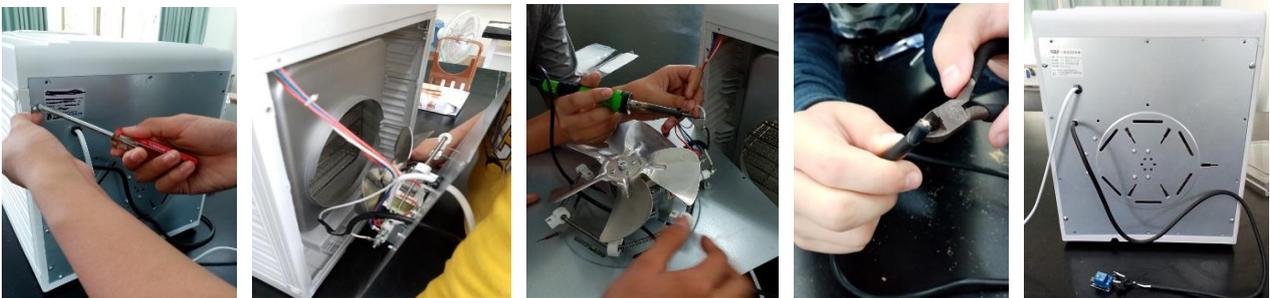


圖 15：方形果乾機改裝過程圖

改裝後試用

方形果乾機的熱風是側吹式，風由側面吹來，鳳梨切片的二面受風均勻，而且各層溫度相對穩定，因此我們決定使用方形果乾機來做以後的實驗。

(九)變溫果乾機硬體組裝

變溫果乾機由改裝的方形果乾機和自製的 Arduino 微電腦控制板組成(圖 17)，Arduino 控制板包含有：溫溼度感測、顯示、SD 儲存、relay 繼電器、觸摸感應模組等，因為這些模組先前大部分都學習、測試過，因此很快就把線路接好。

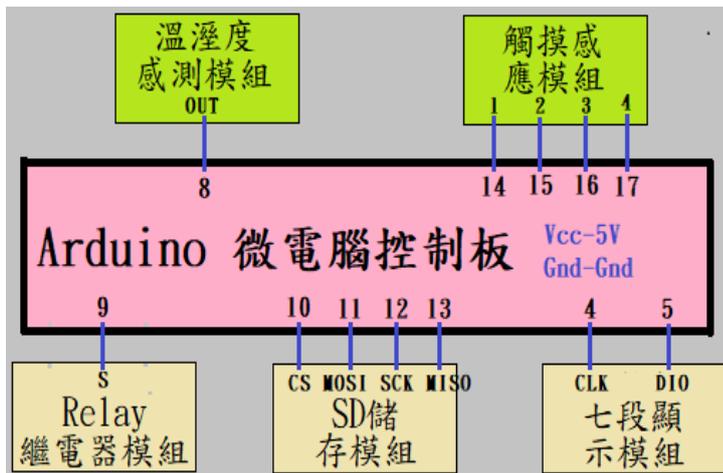


圖 16：控制板及周邊感測模組接線示意圖

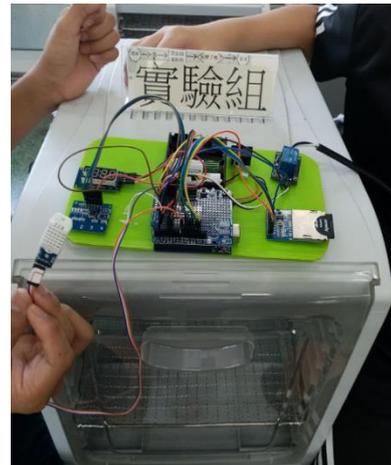


圖 17：變溫果乾機組裝完成圖

我們把組件背面用泡棉膠黏在一個板子上，組件和 Arduino 控制板用杜邦線連接，溫溼度模組的接線會特別長，因為要放在果乾機裡。

(十)變溫果乾機程式編寫

依照前面 Arduino 模組及函式庫範例學習等方式，我們可以把烘培程式寫出來，程式可以每 20 分鐘將溫度、濕度、烘培時間等資料存進記憶卡中，顯示模組可將這 3 種資料顯示在七段顯示器上，因此在烘培過程中，我們輕輕的按在觸摸模組的 3 個感應區上，就可看到 7 段顯示器顯示溫度、濕度、時間等。程式中較困難指令有三個，由於之前學過 Scratch 拉積木程式，因此很快的就克服了困難，說明如下：

1.if... else... :

這是一個邏輯判斷指令，在 Scratch 拉積木的方式是(如果...否則...)，我們在學過 Scratch 後，這個指令已經不算困難了。

2.millis()內部函式：

這是一個內部計時器，從主機板一開機就開始計時，所以它是一串數字，單位是毫秒。我們將 millis()除以 60000，就可以知道以分鐘為單位的時間了，也就可以知道烘培時間已經過了多少分鐘了。

3.取餘數的運算符號%：

變溫烘培實驗每個小時有一個停機時間，我們把烘培時間 % 60，就可以得到 0~59 的數字，例如從 millis()除以 60000 後得到 647，647 % 60 後為 47，如果每小時要開機 45 分鐘、停機 15 分鐘，這時就由這個餘數數字「47」，我們就可以判斷是停機時間到了。

程式 6：鳳梨烘培程式

<pre>(一)引入函式庫 #include "DHT.h" #include <TM1637Display.h> #include <SD.h> #include <SPI.h> #include <Timer.h> (二)定義名稱、腳位 DHT dht(8, DHT22); // 第 8 腳 TM1637Display display(4, 5); File myFile; //SD 文字檔 int pinCS = 10; // SD 卡 CS 腳位 float showwhat; float temp,hum; int time1; Timer tcb; (三)存檔副程式 void writeToFile(){ myFile = SD.open("test.txt", FILE_WRITE); myFile.print(temp); myFile.print(","); myFile.print(hum); myFile.print(","); myFile.println(time1); myFile.close(); }</pre>	<pre>(四)設定 void setup() { dht.begin(); tcb.every(1200000, writeToFile); //20 分鐘存 1 次 display.setBrightness(0x0a); //設定亮度 pinMode(9, OUTPUT); //relay 腳位 pinMode(pinCS, OUTPUT); SD.begin(); pinMode(14, INPUT); pinMode(15, INPUT); pinMode(16, INPUT); } (五)主程式 void loop() { time1 = millis()/60000; hum = dht.readHumidity(); temp = dht.readTemperature(); <div data-bbox="743 1077 1246 1290" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <pre>if (temp <= 54) //核心程式 digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 56) digitalWrite(9, LOW);</pre> </div> if (digitalRead(14) == HIGH) showwhat=temp; if (digitalRead(15) == HIGH) showwhat=hum; if (digitalRead(16) == HIGH) showwhat=time1; display.showNumberDec(showwhat); tcb.update(); }</pre>
--	---

各實驗烘培程式的核心程式

我們有 6 個烘培實驗，1 個主程式，6 個核心程式，只要把核心程式換過來，就可以有不同的烘培程式了，如程式 7。

程式 7：各實驗烘培程式的核心程式

<p>傳統烘培核心程式</p> <pre> if (temp <= 54) //烘培溫度 55°C digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 56) digitalWrite(9, LOW); </pre> <p>6 乾度實驗核心程式 和「傳統烘培核心程式」相同</p> <p>高溫褐變實驗核心程式</p> <pre> if temp <= 69) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 71) digitalWrite(9, LOW); </pre> <p>加速烘培實驗核心程式</p> <pre> if (time1 <= 120) Temp_Top = 70; //前 2 時溫度 70°C if (time1 > 120 && time1 <= 300) Temp_Top = 65; //3-5 時溫度 65°C if (time1 > 300 && time1 <= 600) Temp_Top = 60; //6-10 時溫度 60°C if (time1 > 600) Temp_Top = 55; //10 時後溫度 55°C if (temp <= Temp_Top-1) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= Temp_Top) digitalWrite(9, LOW); </pre>	<p>環境低溫烘培實驗核心程式</p> <pre> if (time1 <= 480) { //烘培溫度 55°C if (temp <= 54) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 56) digitalWrite(9, LOW); } if (time1 > 480) { if (time1 % 60 <= 45) { if (temp <= 54) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 56) digitalWrite(9, LOW); } else digitalWrite(9, LOW); } </pre> <p>變溫烘培實驗核心程式</p> <pre> if (time1 <= 60) { //第 1 小時溫度 70°C if (temp <= 69) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 71) digitalWrite(9, LOW); } if (time1 > 60 && time1 <= 180) { //65°C if (temp <= 64) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 66) digitalWrite(9, LOW); } if (time1 > 180 && time1 <= 360) { //60°C if (temp <= 64) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 66) digitalWrite(9, LOW); } if (time1 > 360) { //第 7 小時開始 55°C if (time1 % 60 <= 45) { //停機時間 15 分 if (temp <= 54) digitalWrite(9, HIGH); if (temp >= 56) digitalWrite(9, LOW); } else { if (temp <= 29) digitalWrite(9, HIGH); if (temp > 30) digitalWrite(9, LOW); } } } </pre>
---	---

三、鳳梨乾烘培實驗

各項工作準備好後，我們有五個烘培實驗和一個高溫破壞實驗如下：(一)傳統烘培實驗、(二)6 乾度烘培實驗、(三)高溫褐變實驗、(四)加速烘培實驗、(五)環境低溫烘培實驗、(六)變溫烘培實驗。

(一)傳統烘培實驗

實驗目的：以家鄉居民傳統的做法，在實驗組和對照組的果乾機各做一份，有二個目的，一是了解傳統作法做出的鳳梨乾，二是測試實驗組所用的改裝果乾機是否可用。



圖 18：鳳梨切片及 2 組果乾機圖

實驗方法：同 1 個鳳梨分 2 種厚度來切，取出中間段的 4 個試片來烘培，試片一、三放在實驗組果乾機，試片二、四放在對照組的果乾機，流程圖和鳳梨試片如下圖。



圖 19：傳統烘培程式流程圖

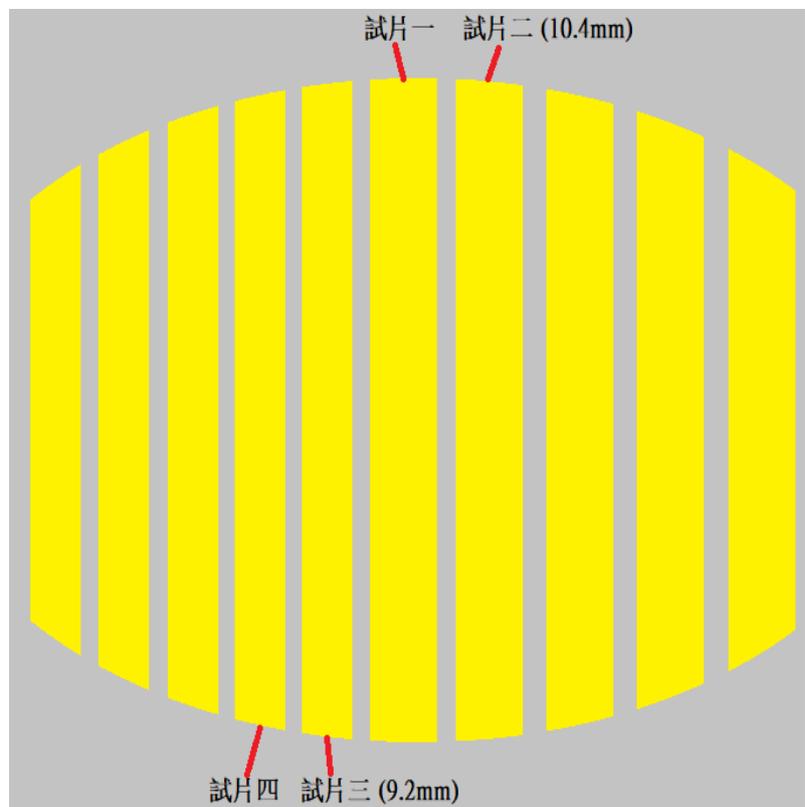


圖 20：鳳梨切片及試片示意圖

全程 55°C 烘培 24 小時，實驗數據如下：

表 4：傳統烘培烘培結果比較表

切片厚度	10.4mm		9.2mm	
試片編號	試片一	試片二	試片三	試片四
組別	實驗組	對照組	實驗組	對照組
烘培前重量	41.1g	36.6g	37.0g	33.3g
烘培 24 小時後重量	8.1g	7.1g	7.4g	6.6g
烘培後重量百分比	19.7%	19.4%	20.0%	19.8%

表 5：傳統烘培 10.4mm 烘培過程每 2 小時重量明細表 時間：小時 重量：公克

經過時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
實驗組	41.1	29.6	22.6	18.0	14.3	11.6	10.0	9.1	8.7	8.5	8.4	8.2	8.1
對照組	36.6	25.9	19.1	15.0	11.8	9.5	8.2	7.6	7.3	7.3	7.2	7.1	7.1

表 6：傳統烘培 9.2mm 烘培過程每 2 小時重量明細表 時間：小時 重量：公克

經過時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
實驗組	37.0	25	17.7	13.3	10.2	8.6	7.9	7.7	7.6	7.6	7.5	7.4	7.4
對照組	33.3	20.9	15.2	11.8	9.5	8.1	7.3	6.9	6.8	6.7	6.7	6.6	6.6

(二)6 種乾度烘培實驗

實驗目的：了解傳統烘培從第 14 小時至 24 小時，鳳梨乾的乾度變化情形。

實驗方法：全程以 55°C 烘培，從第 14 小時起，每隔 2 小時拿出一組鳳梨乾，因為是同一個厚度相比，因此第 1 個鳳梨全部切成 10.4mm 的鳳梨片，取出中間段的 6 片，另 1 個全部切成 9.2mm，取中間段的 6 片，這和上一個實驗取鳳梨片的方式不一樣，並以自製的變溫果乾機烘培，全部有 12 片鳳梨，流程圖如下



圖 21：乾度烘培實驗流程圖

實驗數據如下：

表 7：6 種乾度烘培 9.2mm 比較表

乾度分類	14 乾	16 乾	18 乾	20 乾	22 乾	24 乾
乾燥時間	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時	24 小時
烘乾前重量	43.4	43.0	44.5	44.2	38.8	42.8
取出時重量	9.5	8.9	9.1	8.6	7.2	7.9
重量百分比	21.9%	20.7%	20.4%	19.5%	18.6%	18.5%

表 8：6 種乾度烘培 10.4mm 比較表

乾度分類	14 乾	16 乾	18 乾	20 乾	22 乾	24 乾
乾燥時間	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時	24 小時
烘乾前重量	48.5	47.8	51.4	54.1	54.0	52.5
取出時重量	11.6	10.8	11.0	10.7	10.1	9.9
重量百分比	23.9%	22.6%	21.4%	19.8%	18.7%	18.9%

(三) 高溫褐變實驗

實驗目的：了解鳳梨乾褐變的過程和時間。

實驗方法：用 70°C 溫度烘培，每小時觀察一次，實驗流程如下：

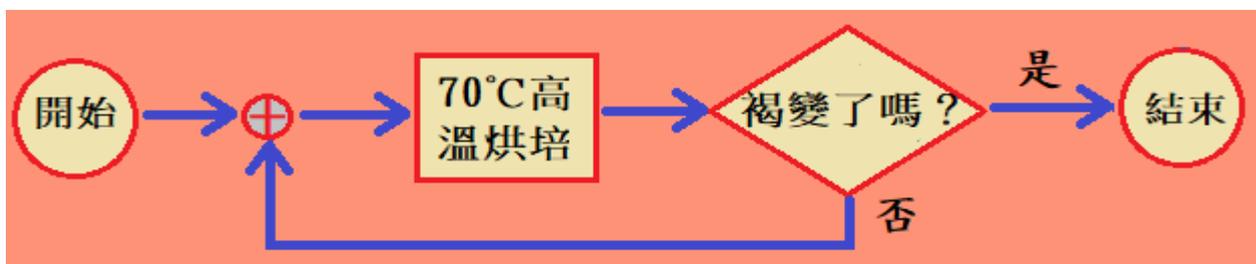


圖 22：鳳梨乾褐變實驗流程圖

實驗數據如下：

1. 以 70°C 高溫持續烘烤：

表 9：70°C 高溫烘培褐變時間表

試片編號	試片一	試片二	試片三	試片四
切片厚度	10.4mm	10.4mm	9.2mm	9.2mm
烘烤前重量	47.9	35.8	34.9	40.6
開始褐變時間	4 至 5 小時	4 至 5 小時	3 至 4 小時	3 至 4 小時
褐變時重量	23.5	15.1	12.5	15.9
褐變時重量百分比	49.1%	42.2%	35.8%	39.2%

2. 以 65°C 高溫持續烘烤 10 小時：全部沒有發生褐變。

3. 浸水高溫烘烤實驗：

實驗目的：接續前一個實驗，了解水分充足時鳳梨乾褐變情形。

實驗方法：實驗組 2 片鳳梨浸於盤中，盤中裝 70°C 熱水，對照組 2 片沒浸水，然後以 70°C 的溫度烘烤，烘烤時間 10 小時，觀察褐變的情形。

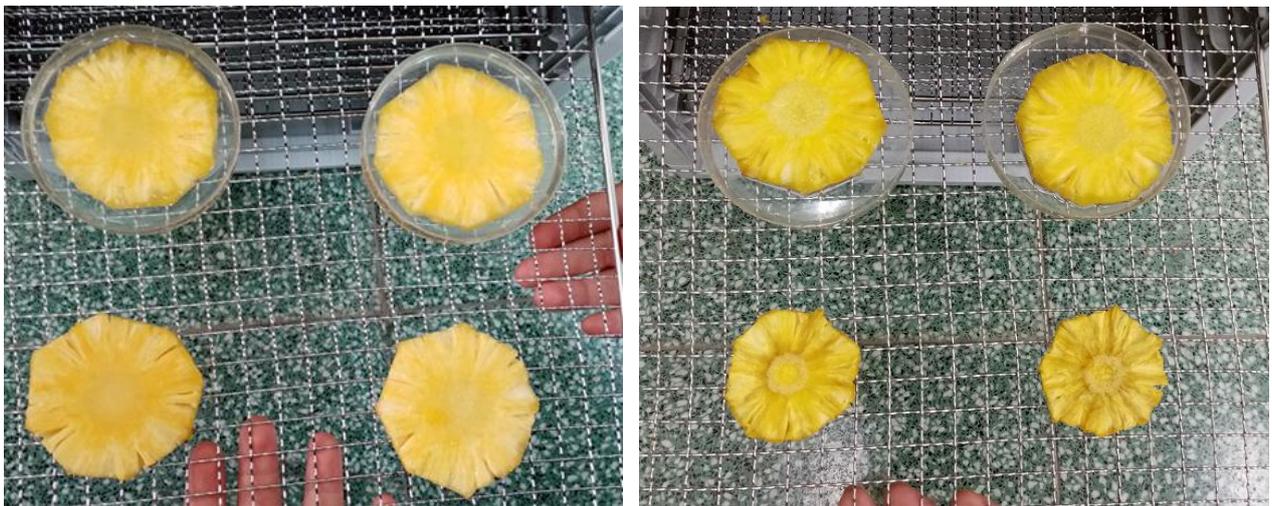


圖 23：浸在水溫 70°C 水中烘烤實驗圖(左圖為烘烤前，右圖為烘烤 10 小時後)

實驗數據如下：

表 10：浸在水溫 70°C 水中烘烤實驗比較表

組別	實驗組	對照組	實驗組	對照組
切片厚度	10.4mm	10.4mm	9.2mm	9.2mm
開始褐變時間	無褐變	第 6 個小時	無褐變	第 5 個小時

(四)加速烘培實驗

經過高溫褐變實驗，我們知道乾燥的鳳梨片，在烘培溫度高的情況下會發生褐變，而在水份多的鳳梨片，並不會發生褐變，所以這個實驗將在烘培初期提高溫度。

實驗目的：在烘培初期使用高溫，加快烘培速度，節省烘培時間。

實驗方法：

共 12 片鳳梨切片，開始的時候用 70°C 烘培 2 小時，之後依序降溫，我們從第 12 小時起，每 2 小時拿出 9.2mm 和 10.4mm 各一片，每次裝 1 小袋，要裝 6 小袋。

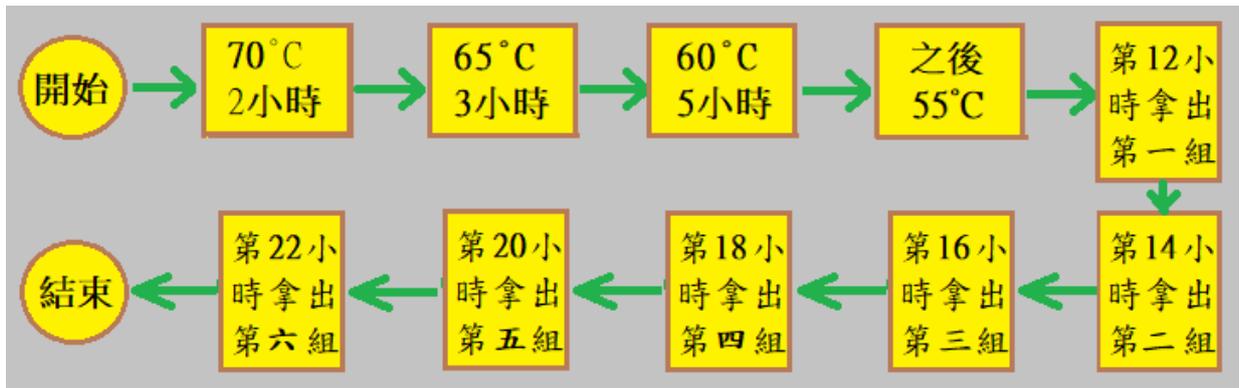


圖 24：加速烘培實驗流程圖

實驗數據如下：

表 11：加速烘培 9.2mm 比較表

乾燥時間	12 小時	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時
烘乾前重量	47.9	49.3	51.5	48.0	47.8	51.7
取出時重量	9.7	9.5	9.7	8.9	8.7	9.2
重量百分比	20.3%	19.3%	18.8%	18.6%	18.1%	17.8%

表 12：加速烘培 10.4mm 比較表

乾燥時間	12 小時	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時
烘乾前重量	64.6	59.4	57.9	63.2	57.2	63.0
取出時重量	18.8	15.5	13.1	12.9	11.4	12.4
重量百分比	29.1%	26.1%	22.6%	20.4%	19.9%	19.7%

(五)環境低溫烘培實驗

實驗目的：了解停機時，環境低溫(15°C 以下)對烘培所造成的影響。

實驗方法：前 8 小時 55°C 連續烘培，之後每小時停機 15 分，共 12 片鳳梨，詳見流程圖：



圖 25：環境低溫烘培實驗流程圖

實驗數據如下：

從第 14 小時開始，每隔 2 小時將從烤箱拿出 1 片 9.2mm 和 1 片 10.4mm 的鳳梨片來做觀察比較，放在夾鏈袋中，會有 6 袋。

表 13：低溫烘培 9.2mm 比較表

乾燥時間	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時	24 小時
烘乾前重量	47.7	47.7	47.6	44	40.6	47.5
取出時重量	15.9	14.2	11.8	9.5	7.9	8.6
重量百分比	33.3%	29.8%	24.8%	21.6%	19.5%	18.2%

表 14：低溫烘培 10.4mm 比較表

乾燥時間	14 小時	16 小時	18 小時	20 小時	22 小時	24 小時
烘乾前重量	49.8	57.3	55.2	56.9	55.9	54.5
取出時重量	17.0	18	14.9	13.5	11.2	10.3
重量百分比	34.1%	31.4%	27.0%	23.7%	20.0%	18.9%

做實驗時剛好是冬天，環境氣候是乾冷的，因此除了低溫還要乾燥。

(六)變溫烘培實驗

本實驗參考台東農業專家建議的停機時間，結合高溫加速烘培，了解水活性降低情形，以便在不影響口感下增加保存期限。實驗需要二台果乾機，實驗組和對照組各一台，每台 2 片鳳梨，實驗組的果乾機後階段每小時停機 1 次，停機時間 15 分鐘，以便水分平衡，停機時如果烤箱內溫度低於 29°C，還是要啟動電熱絲，避免受到環境溫度的影響。

實驗目的：了解停機做水份平衡對水活性的影響。

實驗方法：

試片的取法和傳統烘培相同，參考圖 20：鳳梨切片及試片示意圖，試片一和試片三要放在實驗組的烤箱，烘培前 6 小時採用加速烘培，後面 18 小時為水分平衡變溫方式烘培，烘培全程 24 小時，試片二和試片四放在對照組的烤箱，以傳統方式烘培，流程圖如下：

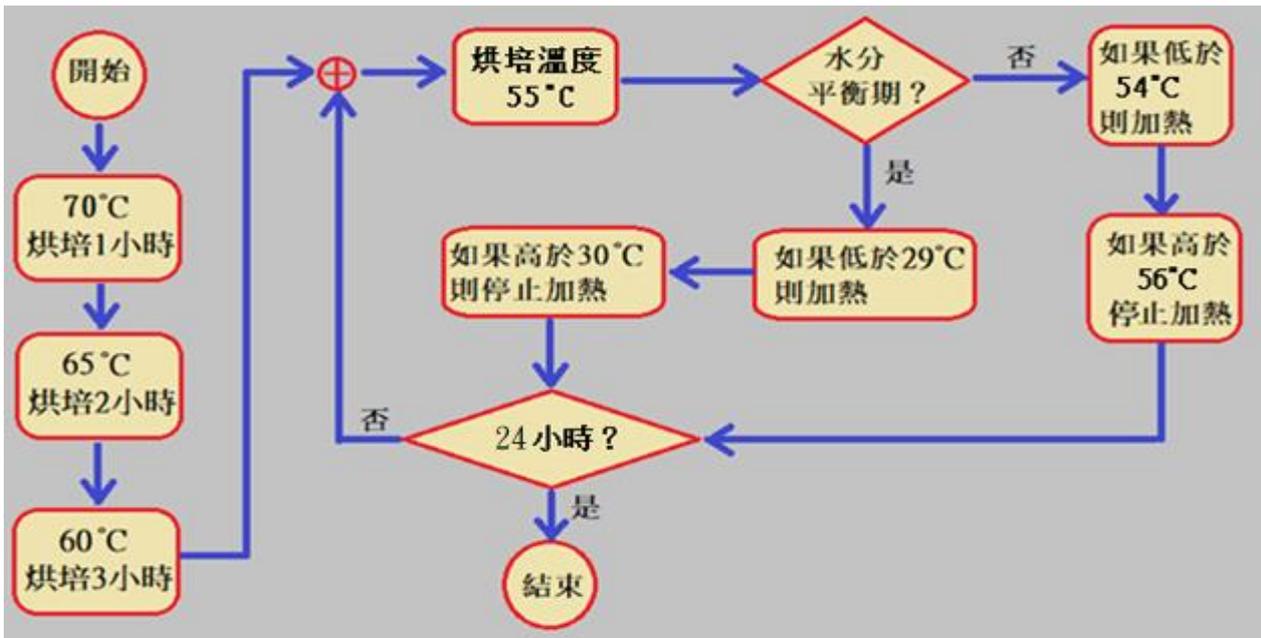


圖 26：變溫烘培程式流程圖

表 15：變溫烘培結果比較表

切片厚度	10.4mm		9.2mm	
試片編號	試片一	試片二	試片三	試片四
組別	實驗組	對照組	實驗組	對照組
烘培前重量	50.9g	37.4g	43.2g	37.9g
烘培結束後重量	9.4g	7.0g	7.8g	7.1g
烘培後重量百分比	18.5%	18.7%	18.1%	18.7%

水活性比較

由變溫烘培水活性測試表 16 來看，有停機時間的變溫烘培確實能降低水活性，厚度 10.4mm 的水活性由對照組的 0.845 降低到 0.663，厚度 9.2mm 的水活性也由 0.819 降低到 0.641。

表 16：變溫烘培水活性測試表

組別	實驗組		對照組	
	10.4mm	9.2mm	10.4mm	9.2mm
水活性	0.663	0.641	0.845	0.819

伍、結果

烘培好的鳳梨乾有淡淡的金黃色，宛如一朵太陽花，中央部分隆起有小細點，好像花心，葉面有皺褶，皺褶千奇百異各不相同；吃起來酸酸甜甜的，口感軟硬適中，咬下去的感覺像咬 QQ 的軟糖，鄉親說「這就是果乾之王--鳳梨乾的極品美味」。

一、傳統烘培實驗結果

在傳統烘培實驗，實驗組和對照組做出來的鳳梨乾在外型和乾燥度沒有太大差異，口味和口感也幾乎相同，此顯示我們的變溫果乾機和傳統果乾機有相同的功能。



圖 27：變溫及傳統果乾機烘培成品陳列圖

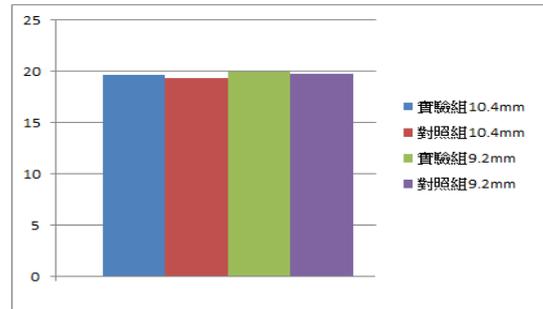


圖 28：傳統烘培實驗重量百分比圖

二、6 乾度烘培實驗結果

6 乾度烘培實驗就是傳統烘培的一種，差別在於從烘培第 14 小時開始分批取出鳳梨乾，經實驗結果顯示，10.4mm 厚度的鳳梨乾在第 22 小時烘培後，就可達到標準，9.2mm 厚度的鳳梨乾從 20 小時後，也可達到標準，厚度差 1mm 大約要多烘培 2 小時。14 乾到 18 乾的鳳梨乾，乾燥度不足，拿在手中有軟趴趴的感覺，咬起來有纖維感及嘎吱的響聲。



圖 29：乾燥不足表面滲水圖

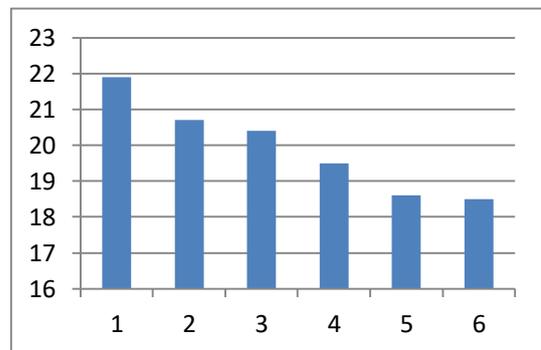


圖 30：6 乾度 9.2mm 重量百分比圖

三、高溫褐變實驗結果

在 70°C 高溫實驗中確實發生褐變，如圖 31 所示，但不是馬上發生，是在烘培 4 小時左右開始褐變。浸水實驗顯示在水份充足下，70°C 高溫連續烘烤 10 小時也不會褐變。由圖 32 看來，高溫褐變的點大約在重量百分比的 35 到 50 之間。



圖 31：70°C 高溫褐變圖

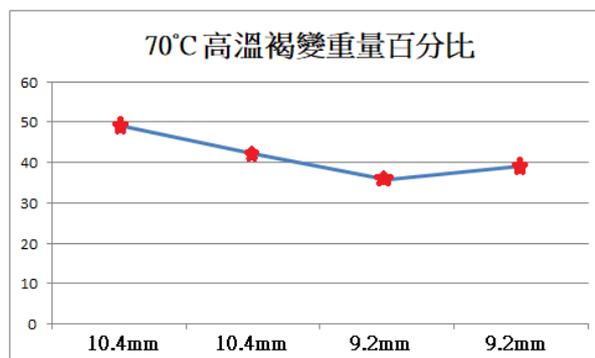


圖 32：重量百分比高溫褐變點圖

四、加速烘培實驗結果

在褐變發生前使用高溫烘培，以便節省烘培時間。由高溫褐變時驗，70°C 下 9.4mm 在第 3 小時後發生褐變，65°C 持續 10 小時沒有褐變，因此加速烘培前 2 小時 70°C，接著 3 小時的 65°C 烘培是安全的，實驗結果 9.4mm 在 14 到 18 小時可以食用，10.4mm 在 18~22 小時可食用。實驗結果圖形和 6 乾度圖形相似，就不畫出圖形了。

五、低溫烘培實驗結果

低溫烘培是指環境溫度低的時候，做實驗當天冷氣團籠罩，溫度約 15°C、濕度約 38，做這個實驗主要是要了解下一個實驗「變溫烘培」停機時，如果環境溫度很低，是否會有什麼特別影響，本來預期烘培時間要 30 小時以上，但是結果有些出乎意料，在 24 小時就可以烘培完成了，原因應該是當時濕度低有幫助鳳梨片乾燥吧。實驗結果圖形和 6 乾度圖形相似，因此不畫出。

六、變溫烘培實驗結果

參考台東農業專家介紹的做法，我們變溫烘培法設計成前階段 6 小時，為高溫安全期烘培，後階段 18 小時，每小時停機 15 分鐘做水分平衡，烘培結果水活性能由 0.83 降低到 0.65，雖然不能像學者專家能降低水活性到 0.6，但也降低不少，而烘培時間 24 小時，比學者專家介紹的方法節省了 16 小時，這個烘培時間較短，家鄉居民比較會有意願採用。

七、三種烘培實驗樣品

6 乾度烘培實驗、環境低溫烘培實驗、快速烘培實驗等三種實驗，每個實驗有 6 組樣品，每組樣品有 2 種厚度，烘培結果分別裝在夾鏈袋中，如下：



圖 33：三個實驗的樣本圖

加上變溫烘培，四種烘培法相對於時間的可食用性列表如下：

表 17：四種烘培實驗烘培可食用性表

時間(小時)		12	14	16	18	20	22	24
6 乾度烘培	9.2mm					✓	✓	✓
	10.4mm						✓	✓
低溫烘培	9.2mm						✓	✓
	10.4mm							✓
加速烘培	9.2mm		✓	✓	✓			
	10.4mm				✓	✓	✓	
變溫烘培	9.2mm						✓	✓
	10.4mm							✓

陸、討論

一、由 Scratch 到 Arduino

Arduino 語言的學習有些困難，但我們之前已經學過 Scratch 語言，這二個語言有一些相似，比如寫 Arduino 指令，大部分可以用複製的，很像 Scratch 語言裡拉積木的方式，然後修改數字；這次程式裡最難的指令，就是有一個判斷句「if…else…」，這在 Scratch 語言裡也有，就是「如果…否則…」，這對我們來說，一點都不難理解，如下圖說明。

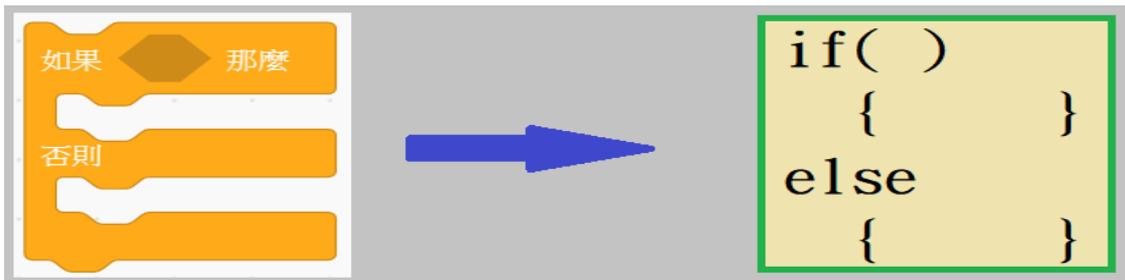


圖 34：Scratch 語言 Arduino 語言比對圖

二、如何選取要烘培的鳳梨

不同品種的鳳梨，含水量不同，即使同一個品種，含水量也不會全部相同，非雨季裡收成的鳳梨，含水量不高，適合烘製成鳳梨乾，重量選擇約 800 公克左右的橢圓形鳳梨，這樣烘培出來的鳳梨乾大約是直徑 5、6 公分的餅乾大小，鳳梨的品種是「金鑽鳳梨」，這也是目前市面上最常見的鳳梨。

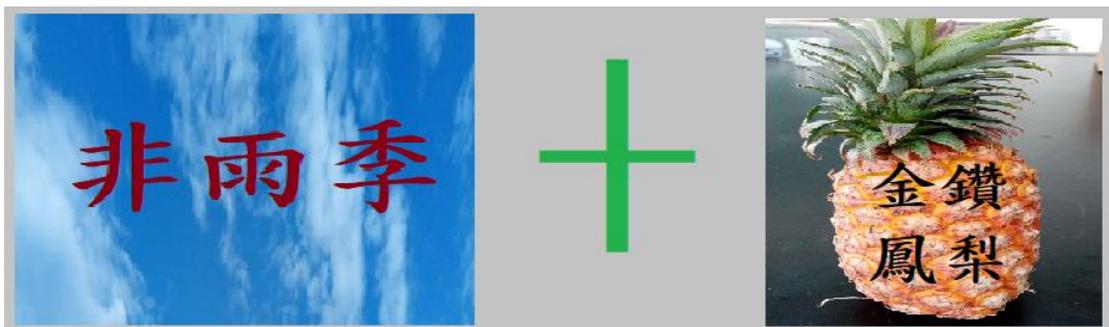


圖 35：烘培鳳梨的選擇圖

三、鳳梨乾乾燥曲線

參考傳統烘培烘培過程重量每 2 小時明細表(表 5、表 6)，畫出鳳梨乾烘培重量曲線比較圖(圖 36)，可看出乾燥速度開始比較快，後面比較慢。二組果乾機烘培出的鳳梨乾，重量百分比曲線十分一致，顯示改裝過的果乾機能保持原本果乾機的功能。

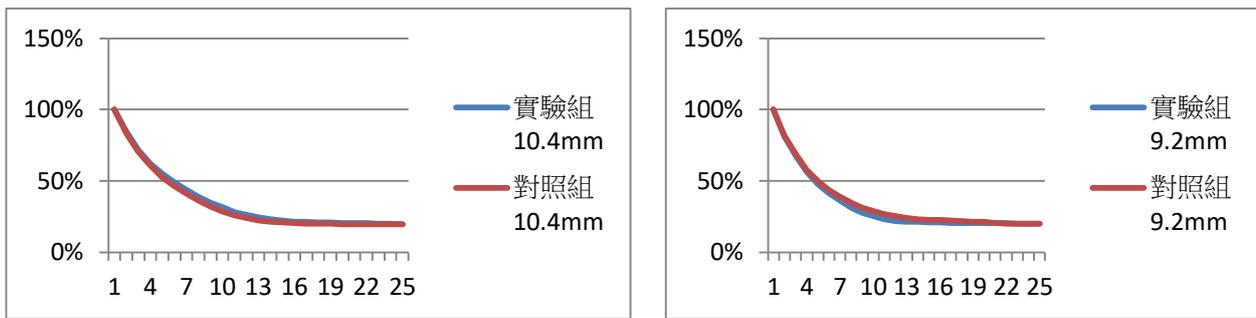


圖 36：傳統烘培烘培過程 10.4mm、9.2mm 重量百分比比較圖

四、五種烘培實驗乾燥終點重量百分比比較

參考 5 種烘培實驗乾燥終點重量百分比比較表(表 18)，畫出乾燥終點重量百分比比較圖(圖 37)，看出乾燥到最後，鳳梨乾只剩約百分之二十的重量，也就是百分之八十的水份會被蒸發掉，重量減輕了很多，因此鳳梨乾在運送和保存方面會方便很多。

表 18：5 種烘培實驗乾燥終點重量百分比比較表

烘培方式		傳統	6 乾度	加速	環境低溫	變溫
重量百分比	9.2mm	19.8%	18.5%	18.6%	19.5%	18.7%
	10.4mm	19.4%	18.9%	19.7%	18.9%	18.7%

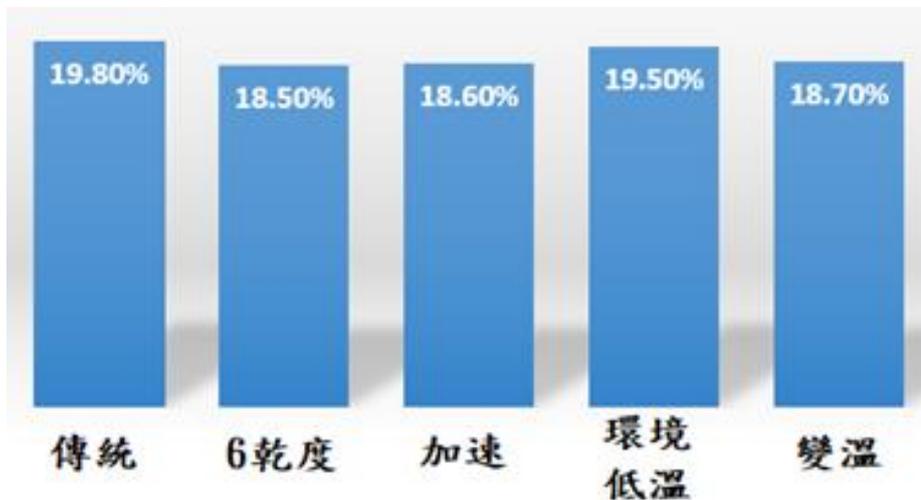


圖 37：5 種烘培實驗 9.2mm 乾燥終點重量百分比比較圖

五、高溫褐變實驗與加速烘培

由褐變實驗，我們發現烘培 3 小時後，較薄的切片會先褐變，而後是較厚的切片開始褐變，褐變不是一開始烘培就發生的，因此我們覺得，褐變不完全是溫度的關係，可能跟含水量也有關，所以才會補做浸泡在 70°C 水中以 70°C 來烘培的實驗，果然經過了 10 個小時，2

個浸泡在水中的鳳梨切片都沒有褐變發生，證實了我們的想法，因此經過褐變實驗後，我們可以在烘培的初期，鳳梨切片水分充足時，使用 70°C 的高溫烘培，以便節省烘培時間。

六、環境低溫烘培節省電力

利用冬天乾冷的天氣，環境低溫烘培法的後 16 小時有做水分平衡停機的動作，每小時停機 15 分鐘，可以節省電力約 1 成 7，計算過程如表 19，而實際用電表量測用電量的結果：傳統烘培用電 8.63 度。環境低溫烘培用電 7.48 度，比率是 0.867，約省電 1 成 3。

表 19：低溫烘培節省電量理想值計算表及電表實際量測值

	前 8 小時	後 16 小時	電量合計	比值		電量	比值
傳統烘培	55	55	1320	0.833	傳統烘培	8.63 度	0.867
低溫烘培	55	41.25	1100		低溫烘培	7.48 度	

七、厚度影響

鳳梨切片厚度對烘培時間的影響相當大，由實驗數據看來，差 1mm 的厚度，烘培時間會相差 2 個小時左右，因此想要烘培出好吃的鳳梨乾，鳳梨切片的厚度、切片是否均勻，都是相當重要的，否則有的部分烘培好了，有的部分沒烘培好，品質會很不穩定。

八、電腦輔助無限可能

目前市面上看到的果乾機，溫度都由人工設定，而且一次只能設定一個溫度，我們改裝過的果乾機，經由 Arduino 微電腦的幫忙，可以幾十幾百次的隨意改變溫度，因此能夠有千變萬化的烘培方式，如果要由人工達成這個任務，幾乎是不可能的，因此這次電腦的輔助烘培，對我們幫助非常大。

九、辦鳳梨乾烘培比賽

這次實驗做出來的鳳梨乾，重量百分比及外觀和傳統方式做出來的鳳梨乾相差不大，但針對口感和外型，我們覺得自己做的更好，但是自己說好吃也沒一個公正的標準，因此舉辦一個鳳梨乾烘培大賽，可以有一個比較的標準，也可以激勵大家來開發烘培鳳梨乾，台灣是個水果王國，鳳梨乾更是在網路上被稱為果乾之王，因為鳳梨乾實在太好吃了，有時候鳳梨會盛產，如果能舉辦鳳梨乾烘培比賽，大家開發出許多的烘培技巧，就不會怕鳳梨盛產了。

柒、結論

藉由自製可程式變溫果乾機的幫助下，我們做了一些烘培實驗，由實驗顯示在「定溫」烘培下，我們的變溫果乾機和傳統果乾機沒有差別，但在「變溫」烘培下，我們的變溫果乾機能夠有「多元口味、節約電能、省時省力、延長保期」的效果，家鄉居民若要創新烘培，下列有一些方法可供參考，而改裝自己的果乾機，費用也是相當低廉的，說明如下：

一、多種乾度的烘培法

想要多種乾度口味，家鄉居民可採用「6 乾度烘培」法，本實驗有 3 種乾度口味可供選擇，另外變溫烘培的口味、低溫烘培的口味、加速烘培的口味等，和傳統烘培都略有不同，可供客戶多樣的選擇，增加鳳梨干的銷售。

二、增加保期的烘培法

想要增加鳳梨乾的保存期限，家鄉居民可採用「變溫烘培」法，搭配前階段的加速烘培，可在 24 小時完成烘培，而鳳梨乾的「水活性」也可降低到 0.65，有效提升保鮮期。

三、縮短烘培時間的烘培法

想要縮短烘培時間，家鄉居民可採用「加速烘培」法，另外要搭配 9mm 厚度的鳳梨切片，像燉煮雞湯一般，先用大火將水煮滾，再用小火慢慢燉煮，能縮短約一半的烘培時間。可以早上烘培，晚上就好了，不必過夜到明天。

四、節約電能的烘培法

有了停機時間，內部水分可自然擴散到外部，若想要節約電能，家鄉居民可採用「環境低溫烘培」法，利用冬季乾冷的氣候加上停機方法，可節約電能 1 成 3 左右，長期下來節省的電能相當可觀。

五、改裝果乾機的費用

家鄉居民若要改裝果乾機，材料費是相當少的，不超過 250 元，因為改裝果乾機材料，只要 Arduino 控制板、溫度模組、Relay 繼電器模組等，其他的模組只在實驗中需要。而改裝內容也相當簡單，只要將電熱絲電源線斷開再接上 Relay 繼電器模組，這個做法和編寫程式，就由我們來教家鄉居民的小朋友就可完成了。

六、未來研究與發展

這次的研究實驗，真的是很奇妙，感覺還有很多烘培方法沒做，例如自然風式乾燥法(風勢忽大忽小、溫度循環高低)、各烘培實驗的互相組合法等。也要請政府相關單位舉辦果乾烘培大賽，發揚台灣水果的威力。

結語：

這次的研究實驗可說是一次驚奇之旅，因為實驗的過程和結果，很多不在當初的規劃之內，遇到的困難也出乎我們預料之外，可以說是一邊做實驗，一邊想到新的實驗；一邊遇到困難，一邊要趕快想出解決方法；我們原先只想做最直接的「6 乾度烘培」和「加速烘培」的實驗，但隨著收集到的參考資料推演、自行改裝工具上的幫助，我們發現有更多的烘培方法，雖然需要增加研究的時間，也要克服一些多出來的困難，但是能找到更好的烘培方法，提升鳳梨的價值，讓我們感覺辛苦沒有白費。

捌、參考資料

一、陳盈方(2018)·淺談鳳梨乾製作方法及要領·臺東區農業專訊 104 期，8-11。

二、葉難(2014)·Arduino 輕鬆入門：範例分析與實作設計·新北市：博碩文化。

三、第二章乾製品，取自

<file:///C:/Users/User/Downloads/2%E7%AB%A0%E4%B9%BE%E8%A3%BD%E5%93%81-%E5%8E%9F%E7%90%86-100-Student.pdf> (2019 年 11 月 16 日)

四、光碟片基本構造，取自

<http://www2.nsysu.edu.tw/physdemo/2012/C3/100%E6%BC%94%E7%A4%BA%E7%9C%8B%E6%9D%BF.pdf> (2020 年 1 月 4 日)

【評語】 082809

透過學習傳統鳳梨乾的製作過程，也利用考慮不同可控制參數的影響對於鳳梨烘烤的過程作一系列的探討，如何控制相關熱流對於烤箱中的溫度分佈均勻對於高溫褐變的影響，以及加速實驗的過程如何定義跟現實製程的過程對應都是本研究可以再努力的地方。

壹、研究動機

在我們的家鄉，有許多居民種植鳳梨，當鳳梨豐收的時候，因為價格下跌，加工廠來不及加工，讓家鄉居民放棄了採收。是否可以利用學校所學的食物乾燥、程式設計及機器人操作，幫助家鄉的居民烘乾鳳梨呢？我們想要試一下。



貳、研究目的

- 了解傳統鳳梨乾作法、家鄉鳳梨產業，增加鳳梨口味，自製一台鳳梨切片器。
- 學習Arduino控制卡，相關模組使用，改裝果乾機，自製一台電腦變溫果乾機。
- 創新烘培技能，加速烘培鳳梨，節省烘培電能，提升鳳梨價值。

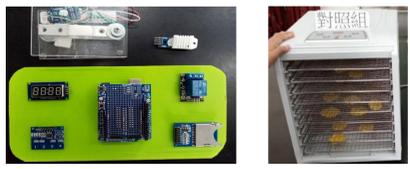


參、研究工具及材料

斜口鉗	電烙鐵	螺絲起子
鋸片組	電子秤	酒精溫度計
錒錫絲	游標尺	瓦時計
烙鐵架	鋸條	砝碼



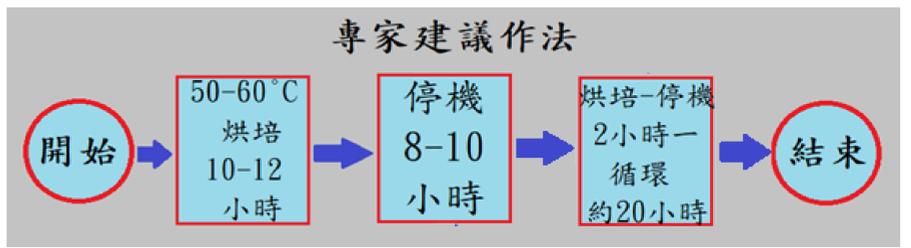
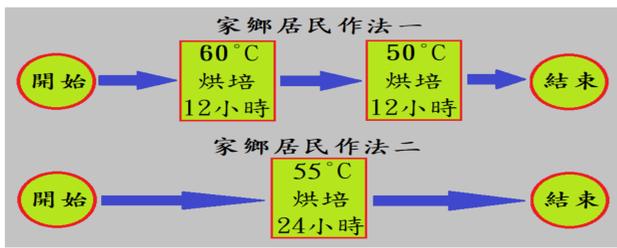
Arduino 控制板	七段顯示模組
Relay繼電器模組	SD儲存模組
重量感測模組	觸摸感應模組
溫溼度模組	果乾機



肆、研究過程與方法

一、家鄉居民提到二種鳳梨乾作法

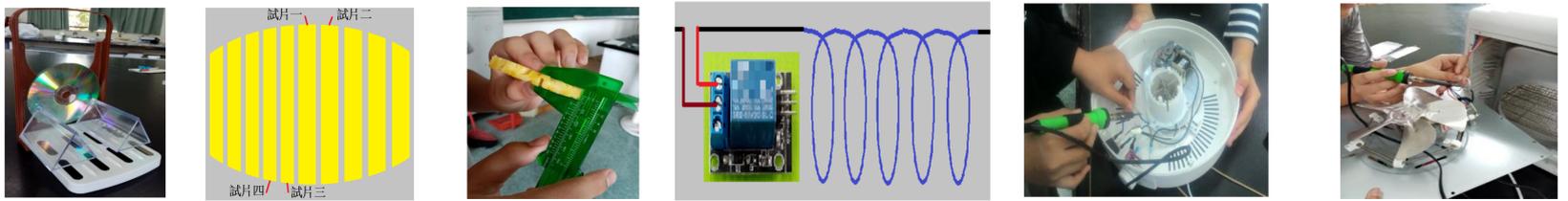
傳統烘培、6 乾度烘培、加速烘培



二、專家建議一種做法、三個重要觀念

高溫褐變、環境低溫、變溫烘培

三、自製鳳梨切片器：需要切出均勻厚度的鳳梨片，實驗才會準確。



四、改裝果乾機：由繼電器控制果乾機的電熱絲來控制溫度，改裝後，方型果乾機比較適合。

五、溫溼度模組學習：仿造冷氣機的控溫方式，學習控制風扇轉動，作為控制果乾機的基礎。



六、範例學習三步驟：學習Arduino模組的方法，我們依序完成下列四個模組的測試及使用。

溫溼度模組 temp = dht.readTemperature(); hum = dht.readHumidity();	重量感測模組 Weight = Get_Weight();	七段顯示模組 display.showNumberDec()	SD記憶模組 myFile.print(Weight);
---	-----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------

七、溫溼度模組校正：溫溼度模組準不準呢？以冰、沸水法校正酒精溫度計，再來校正溫溼度模組。

校正方法	酒精溫度計測量	烤箱溫度	酒精溫度計	溫溼度模組
冰水法	0 ~ 1°C	室溫	32~33°C	32.4°C
沸水法	99 ~ 100°C	50°C	51~52°C	51.6°C
		70°C	68~69°C	68.2°C

八、重量模組出問題：反復量測OK，但在不同溫度下量測100克的砝碼，重量卻不同，由於無法寫出溫度補償程式，改用電子秤人工量測，並用3個砝碼校正電子秤。

溫度	30°C	50°C	70°C	砝碼重	電子秤量測
砝碼重	100克	100克	100克	100克	100.0克
模組量測	100克	96克	92克	50克	50.0克
				1克	1.0克

九、完成自製變溫果乾機：組合控制板、模組、果乾機，寫主程式，主程式中較難的語句有：

if...else...，millis()，%。配合前面所學的模組程式，我們完成了。

```

(一)別人程式碼
#include <DHT.h>
#include <TM1637Display.h>
#include <SD.h>
#include <QTE.h>
#include <Timer.h>

(二)建議名稱、腳位
DHT dht(DHT22); // 感測器
TM1637Display display(5);
File myFile; //SD文字檔
int pinCS = 10; //SD卡CS腳位
float showTime;
int time1;
Timer tck;

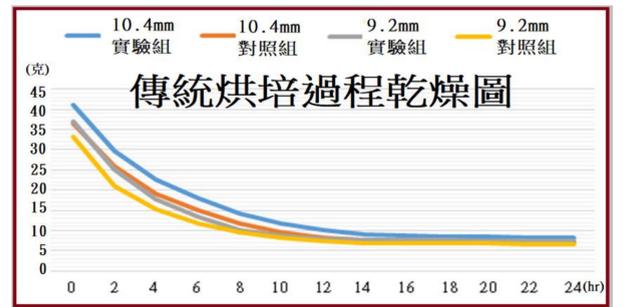
(三)儲存程式碼
void writeToFile()
myFile = SD.open("test.txt",
FILE_WRITE);
myFile.println(temp);
myFile.println(hum);
myFile.println(" ");
myFile.close();

(四)設定
void loop() {
tck.every(120000, writeToFile); //20分鐘存一次
display.setCursor(0,0); //設定亮度
pinMode(9, OUTPUT); // relay腳位
pinMode(dht, INPUT);
SD.begin();
pinMode(14, INPUT);
pinMode(15, INPUT);
pinMode(16, INPUT);

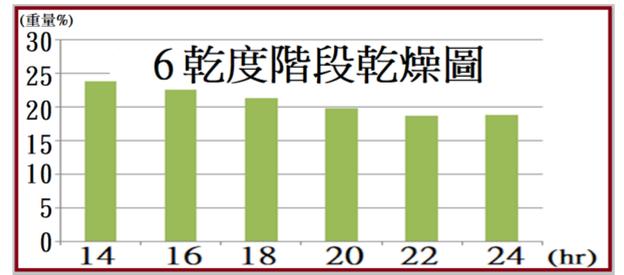
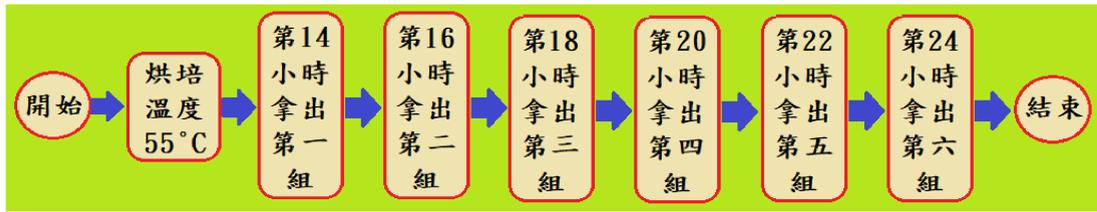
(五)主程式
void loop() {
time1 = millis()/60000;
hum = dht.readHumidity();
temp = dht.readTemperature();
if (temp <= 54)
digitalWrite(9, HIGH);
if (temp >= 54)
digitalWrite(9, LOW);
if (digitalRead(14) == HIGH) showWhat-temp;
if (digitalRead(15) == HIGH) showWhat-hum;
display.showNumberDec(showWhat);
tck.update();
}

```

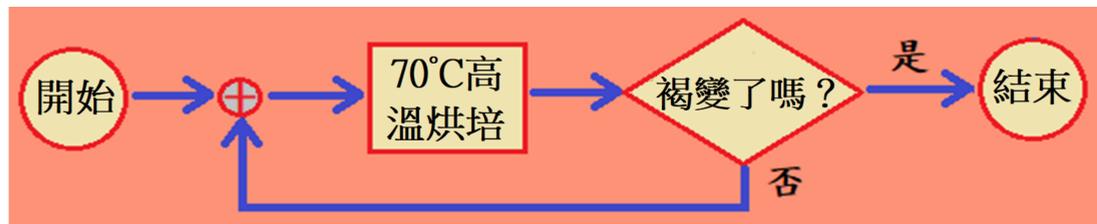
十、傳統實驗 了解家鄉居民的做法及驗證自製的變溫果乾機。



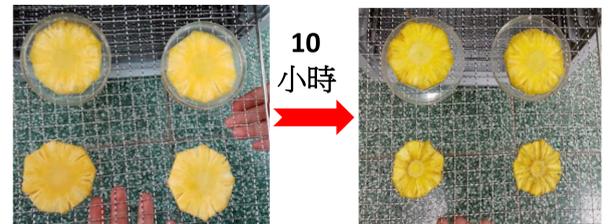
十一、6 乾度實驗 了解傳統烘培乾度變化的情形。



十二、高溫褐變實驗 觀察高溫下鳳梨乾褐變的情形。



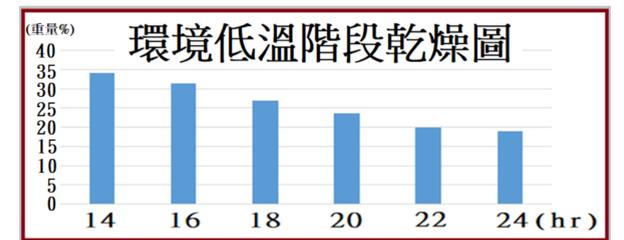
褐變補充實驗 水分充足時褐變情形



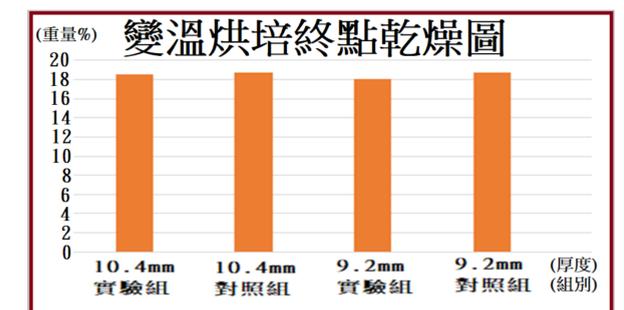
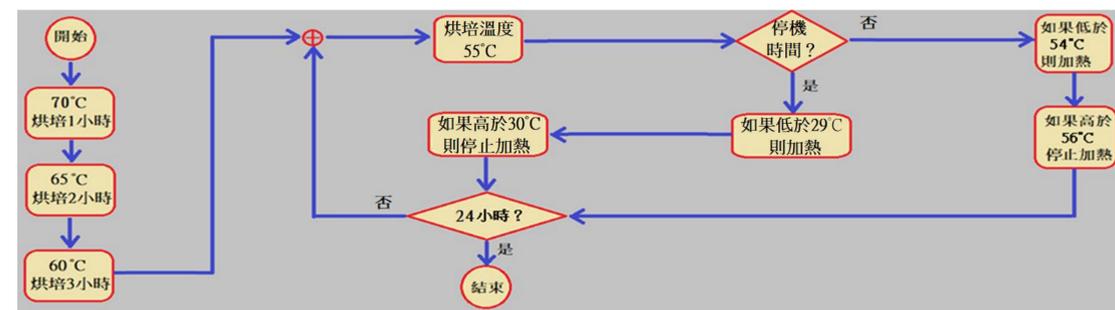
十三、加速實驗 初期使用高溫烘培，加快乾燥速度，節省烘培時間。



十四、環境低溫實驗 了解環境低溫對停機烘培所造成的影響。



十五、變溫烘培實驗 模仿專家的作法，烘培過程中，加入停機時間。



伍、結果

一、完成：電腦變溫果乾機、鳳梨切片器，烘培出多種口味的鳳梨乾。

二、傳統烘培實驗：家鄉的做法可做出好吃的鳳梨乾，自製的電腦變溫果乾機也能完成烘培任務。

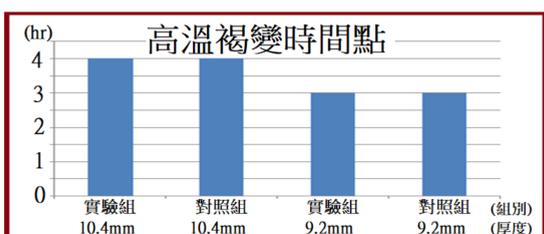


時間(小時)	12	14	16	18	20	22	24
6 乾度烘培	9.2mm				✓	✓	✓
	10.4mm					✓	✓
低溫烘培	9.2mm					✓	✓
	10.4mm						✓
加速烘培	9.2mm	✓	✓	✓			
	10.4mm				✓	✓	✓
變溫烘培	9.2mm					✓	✓
	10.4mm						✓



三、6 乾度烘培實驗：薄片有 3 種、厚片有 2 種乾度較好吃，如果乾度不足，幾天後鳳梨乾的表面會滲出水來。

四、高溫褐變實驗：70°C 高溫下，薄片 3 小時、厚片 4 小時之後發生褐變，補充實驗顯示含水量充足時不會褐變。



五、加速烘培實驗：初期使用高溫是可行的，約可節省一半的時間，高溫時間可再加長，節省更多時間。

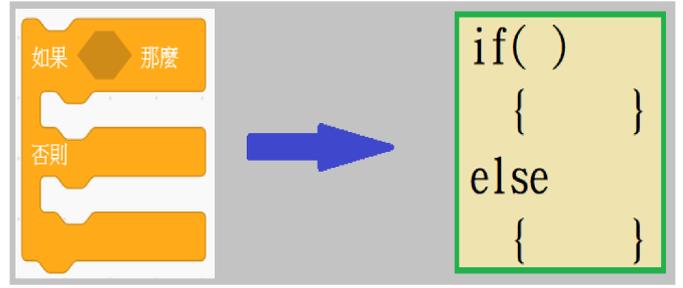
六、環境低溫烘培實驗：利用乾冷的氣候烘培，可以節省電能，口感有則有些脆。

七、變溫烘培實驗：水活性確實能降低，口感比較柔軟，可在 24 小時完成烘培。

八、薄片比厚片省時間：所有烘培實驗都顯示，大部分薄片能比厚片節省 2 個小時的烘培時間。

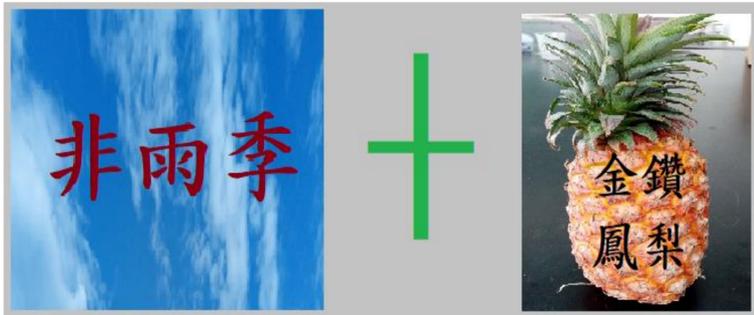
陸、討論

一、**專家資料來翻轉**：專家資料推翻了我們的初步想法，但是深入探究下去，卻豐盛了我們的研究。



二、**小學生學Arduino**：先學Scratch語言，再使用Arduino範例學習三步驟，我們完成了烘培程式。

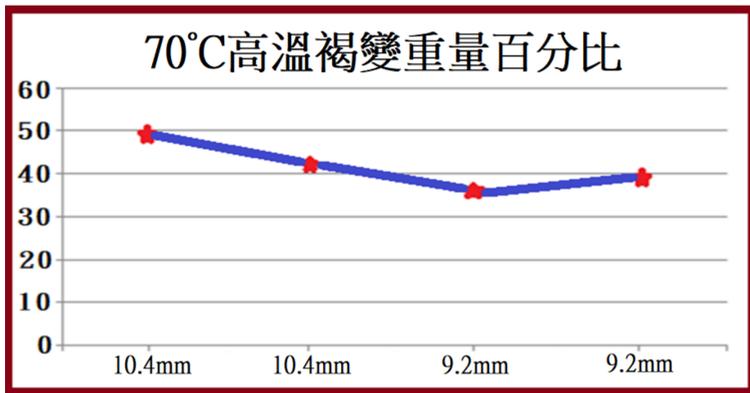
三、**選擇烘培的鳳梨**：選擇非雨季、長寬比1:1.6、重量約800克的金鑽鳳梨，品質有保障。



四、**均勻厚度很重要**：厚度相差1mm，烘培時間差2小時，我們能切出均勻厚度的鳳梨片。

五、**果肉融和期**：乾燥度在第14小時後沒什麼變化，但要等到第24小時才好吃，有一個果肉融和期。

六、**褐變安全期**：褐變跟含水量有關聯，水分充足時，即使烘培溫度達到70℃，也是不會褐變的，當水分含量低於重量百分比50%的時候，高溫就有可能導致褐變。



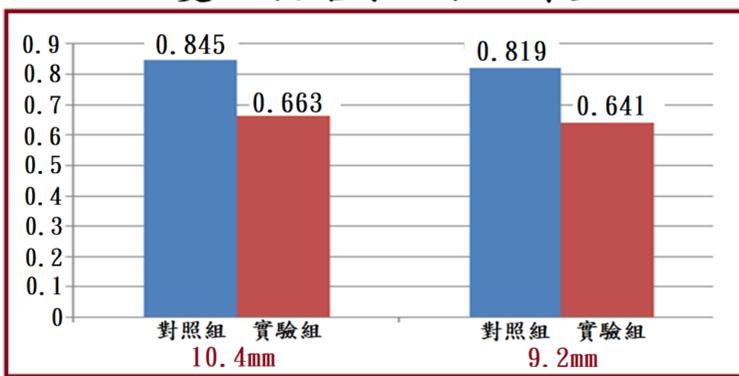
瓦時計量測		
	電量	比值
傳統烘培	8.63度	1
低溫烘培	7.48度	0.867
變溫烘培	7.88度	0.913

七、**停機時間省電力**：由瓦時計實際量測，環境低溫烘培法省電13%，變溫烘培法省電9%。

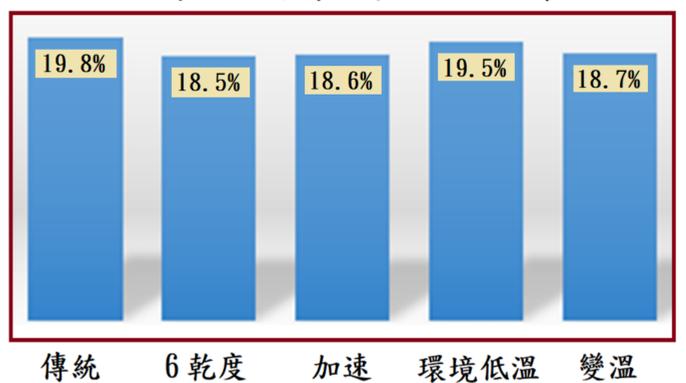
八、**先用大火後小火**：加速烘培法利用褐變安全期，先大火再小火，可節省一半的烘培時間。

九、**變溫來降水活性**：變溫烘培法在初期加速烘培，在後期融入停機時間，水活性能有效降低到0.65，延長保存時間，烘培時間維持在24小時，家鄉居民比較會採用。

變溫烘培水活性比較



五種烘培乾燥終點比較



十、**五種烘培的乾燥終點**：約20%，烘培後重量只剩原來的百分之二十，保存和運送都非常方便。

柒、結論

我們自製了一台電腦變溫果乾機及鳳梨切片器，在自製的機器幫助下，我們創新了許多製程，包括：**口味多元、延長保存期限、縮短烘培時間、節省電能**，家鄉居民要改裝果乾機的費用不高，也請政府相關單位舉辦果乾烘培大賽，發揚台灣水果的威力。在這次有如驚奇之旅的研究中，我們確實提升了鳳梨的價值。



捌、參考資料

- 一、陳盈方(2018)·淺談鳳梨乾製作方法及要領·臺東區農業專訊104期，8-11。
- 二、葉難(2014)·*Arduino*輕鬆入門：範例分析與實作設計·新北市：博碩文化。
- 三、第二章乾製品，取自<file:///C:/Users/User/Downloads/2%E7%AB%A0%E4%B9%BE%E8%A3%BD%E5%93%81-%E5%8E%9F%E7%90%86-100-Student.pdf> (2019年11月16日)
- 四、光碟片基本構造，取自<http://www2.nsysu.edu.tw/physdemo/2012/C3/100%E6%BC%94%E7%A4%BA%E7%9C%8B%E6%9D%BF.pdf> 2020年1月4日)