

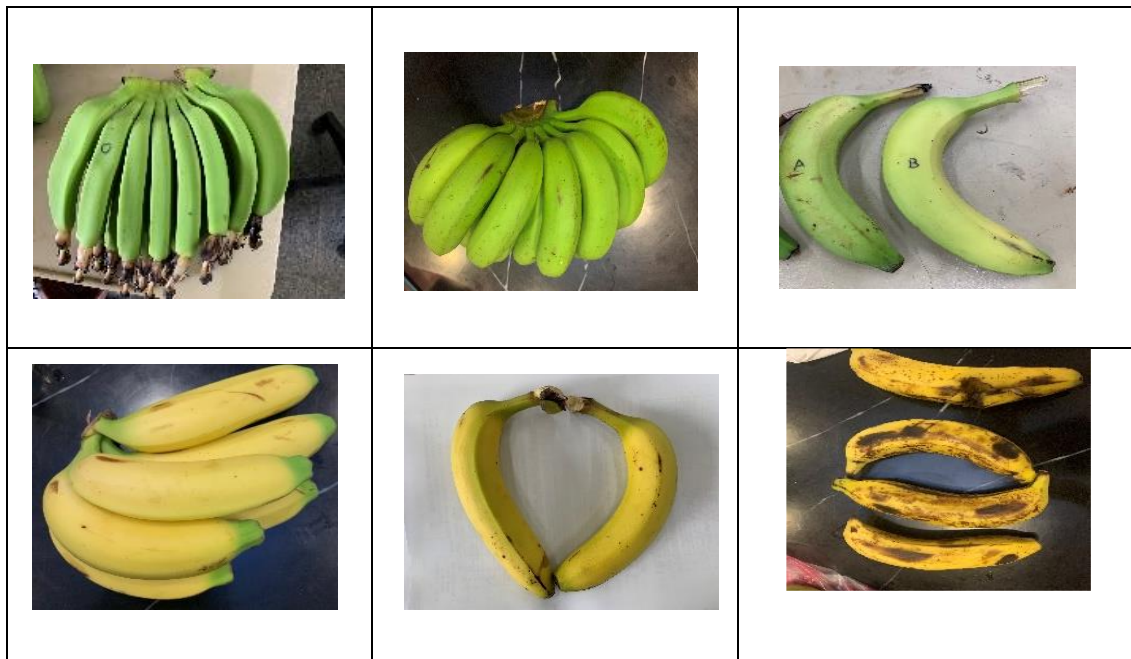
屏東縣第 65 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：香蕉澱粉變變變

~探討香蕉成熟過程澱粉轉變的種種特性~



關鍵詞：支鏈澱粉、直鏈澱粉、吸收光值

編號：B3016

目錄

◎ 摘要.....	第 1 頁
-----------	-------

壹、前言

一、研究動機.....	第 2 頁
-------------	-------

二、文獻探討及名詞解釋.....	第 3 頁
------------------	-------

三、研究流.....	第 4 頁
------------	-------

四、研究目的.....	第 4 頁
-------------	-------

貳、研究器材及設備.....	第 4 頁
----------------	-------

參、研究過程及方法.....	第 5 頁
----------------	-------

肆、研究結果與討論.....	第 8 頁
----------------	-------

伍、討論.....	第 22 頁
-----------	--------

陸、結論.....	第 25 頁
-----------	--------

柒、參考文獻資料.....	第 25 頁
---------------	--------

作品名稱：香蕉澱粉變變變

~探討香蕉成熟過程澱粉轉變的種種特性~

◎摘要

我們想要對香蕉的成分有進一步的了解，尤其是香蕉有各種不同的熟度，此時澱粉的轉變情形如何呢？經過我們顯微鏡、碘液和本氏液及光譜分析，得到以下的結果：

- 一、在顯微鏡下的觀察，未發育和未成熟的香蕉是直鏈澱粉多，剛成熟是支鏈澱粉多，非常成熟的則是直鏈澱粉較多。
- 二、成熟度越低的糊化溫度越高，成熟度越高的，溶液變黏性溫度越低。
- 三、以70度烘乾的樣品為例，香蕉成熟的過程，先有直鏈澱粉→支鏈澱粉漸多→支鏈開始轉換成直鏈→直鏈再轉換成糖。
- 四、香蕉粉抗氧化力的分析，整體而言80度烘乾的，抗氧化力平均最好，60度以前，成熟期較前面的抗氧化力較強，70、80度則是較後期的抗氧化力較強。
- 五、烘乾的溫度的高低促使支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉，導致 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 值增加。
- 六、A、C、D、E期的澱粉轉換 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 看起來雖然高，但是其實際的吸收值610nm和520nm的吸收值是低的。
- 七、A期和B期的澱粉均以直鏈澱粉為主，以B期的饅頭 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 值為高，遠高過A期。我們推測饅頭在蒸煮過程可能也會讓支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉。



0期：未發育完全的香蕉



A：剛採收綠皮硬香蕉



B：綠皮開始軟的香蕉



C：剛熟香蕉



D：正熟香蕉



E期：過熟香蕉

壹、前言

一、研究動機

近年因農田遭天災殘害，導致農作物過剩，而從事香蕉產業的農夫都會把剩餘不要的香蕉丟棄或香蕉園棄耕，而導致浪費的情況。那我們應該要如何減少這種情形呢？增加吃香蕉的意願是方法之一，例如每年溫布頓網球錦標賽平均消耗 5,000 公斤的香蕉，每個球員一天會吃 5 根左右，因此提升香蕉的應用價值及相關研究是根本的做法，經老師的說明，香蕉可以加工成各種美味的製品，如香蕉乾；在醫學方面香蕉可用於潤腸通便，也有助於改善睡眠質量。香蕉皮中含有豐富的抗氧化劑、維生素 B6 和 B12，可用於皮膚保養、緩解皮膚的炎症、滋潤肌膚。原來香蕉好處多多，我們想要對香蕉的成分有進一步的了解，尤其是香蕉有各種不同的熟度，此時糖和澱粉的轉變會影響到消費者的選擇，希望經過我們的研究可以提升香蕉在各個成熟階段的應用價值，減少農民的損失。



棄耕的香蕉園



生產過剩被丟棄的香蕉



二、文獻探討及名詞解釋

(一) 碘液滴定 (參考一)

碘量法或稱碘量滴定法是一種[分析化學](#)中常用到的[滴定](#)方法，同時也是一種[氧化還原滴定](#)的方法，碘量法中，通過[碘單質](#)的生成或者反應完全作為滴定終點的現象。碘量法分為間接碘量法和直接碘量法，間接碘量法通過與被分析物反應釋放出的碘滴定，而直接碘量法使用碘單質滴定

(二) 分光光度計分析直鏈與支鏈澱粉的方法 (參考二)

討論的是香蕉在各個階段成長時，體內澱粉的變化。請看我們以下的取樣和分析。

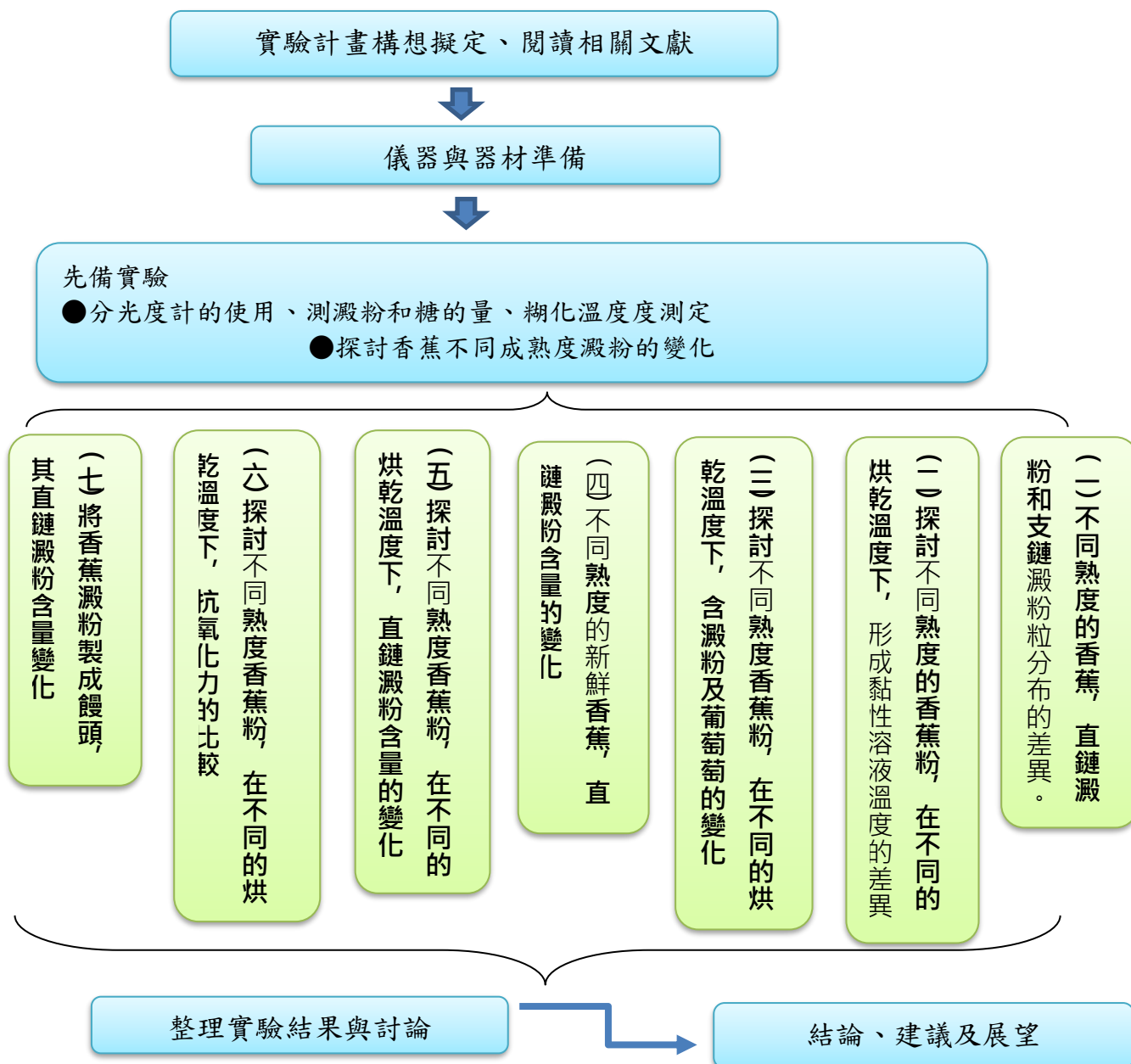
我們將每一期、不同溫度製粉的香蕉粉各取 3g 加入 100g 的水佃煮後，取 3mL 加入 0.01M 的碘液 1mL 並充分混合作為測量的原液。接下來以吸量管吸取 0.2mL 的原液加入 3.8mL 的水並裝入比色管中，用分光光度儀以 200nm~800nm 進行全波段掃描，觀察各期的香蕉體內的支鏈澱粉和直鏈澱粉的含量變化。(即原液稀釋 20 倍後，為我們的測量樣品)

我們查出行政院農委會農試所第 2229 號報告-台灣農業研究得知，支鏈澱粉和直鏈澱粉在 520nm 和 620nm 有最大的吸收值，且民雄高農在 48 屆全國科展作品說明書內指出修正的直鏈澱粉吸收光譜落在 610nm。因此我們經由全波段掃描後，選取 520nm 和 610nm 作為我們觀察的目標。

因為純的直鏈澱粉和支鏈澱粉的標準品不易取得，所以我們又參考農試所第 2229 號報告，以支鏈澱粉轉換直鏈澱粉的轉換比值 610nm 和 520nm 吸光值比（ $O.D_{610}/O.D_{520}$ ）來觀察各期香蕉澱粉的變化與消長。

因為我們當時訂題目的時候，香蕉產季已經接近尾聲，而市售的香蕉期數均接近，所以有些香蕉的來源不足。導致有些期程的香蕉測定無法完成。

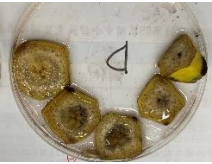
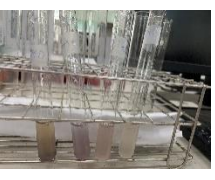
三、研究流程



三、研究目的

- (一)不同熟度的香蕉，直鏈澱粉和支鏈澱粉粒分布的差異。
- (二)探討不同熟度的香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，形成黏性溶液溫度的差異
- (三)探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，含澱粉及葡萄糖的變化
- (六)探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，抗氧化力的比較
- (四)不同熟度的新鮮香蕉，直鏈澱粉含量的變化。
- (五)探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，直鏈澱粉含量的變化
- (七)將香蕉澱粉製成饅頭，其直鏈澱粉含量變化

貳、研究材料及實驗器材

香蕉	本氏液、碘液		小刷子、試管刷	燒杯、量筒	酵母粉
					 滴管
培養皿	保鮮膜		湯匙	濾布	
					
烘乾機	研磨機		分光光度計	離心機	顯微鏡
					
加熱攪拌器	溫度計		果汁機	試管架、試管	電子秤
					
電鍋	澱粉		玻片	標籤紙	蒸架
					

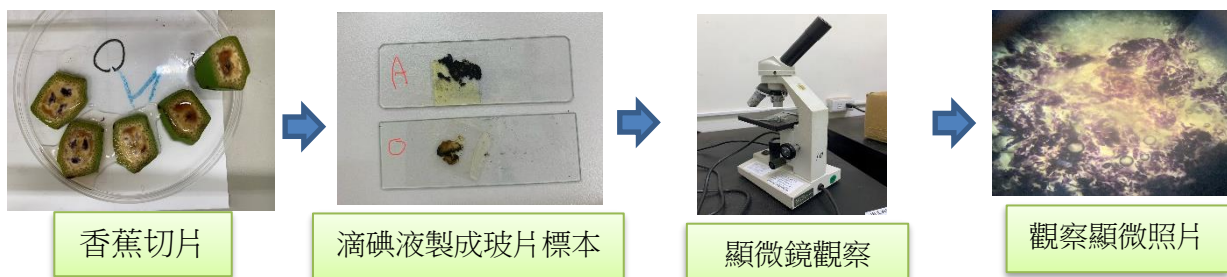
參、研究過程及方法

一、不同熟度的香蕉，直鏈澱粉和支鏈澱粉粒分布的差異。

- (一)我們將六種不同熟度的香蕉(如下圖一) (O未發育完全、A未成熟、B快成熟(綠皮)、C剛成熟(黃綠皮)、D成熟(黃皮)、E過熟(有斑點)，切片，放培養皿，滴碘液觀察顏色變化
- (二)將不同熟度的香蕉少許，搗成泥狀，滴上碘液，蓋上蓋玻片，製成玻片標本，用複式顯微鏡觀察並紀錄。



圖一



二、探討不同熟度的香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，形成黏性溶液溫度的差異

(一)研究方法：我們將不同熟度的香蕉烘乾，磨成粉，加水並加熱到一定溫度後，澱粉分子從澱粉粒裡跑出來，和水分子結合，或者所含的糖融化，溶液變黏稠，就可以知道**不同熟度香蕉粉**的形成黏性溶液溫度的差異。

(二)操作步驟：我們先將不同熟度的香蕉，以80°C、70°C、60°C、50°C、40°C、日曬等烘乾8小時後，磨成粉，取3克加100ml的水並加熱，直到黏稠狀，紀錄溫度。



三、探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，含澱粉及葡萄糖的變化

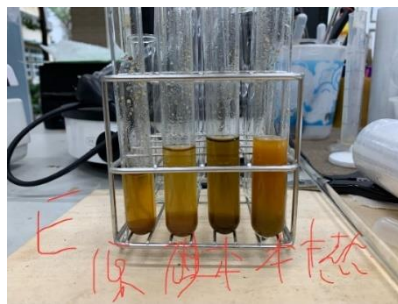
(一) 研究方法：我們觀察香蕉的粉末對碘液和本氏液的反應，這樣就可以知道各種香蕉熟度是否含有澱粉及葡萄糖。

(二) 操作步驟：如實驗二，將不同熟度的香蕉粉3g，加100ml水煮黏稠後，取5ml黏化溶液，滴1ml碘液(0.01M)，觀察顏色的變化並紀錄之。

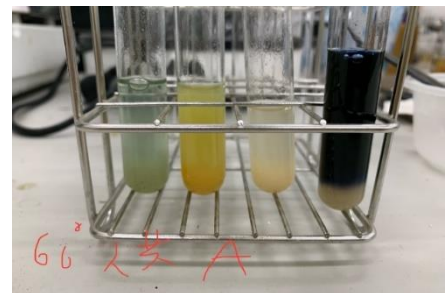
(三) 如實驗二，將不同熟度的香蕉粉煮黏稠後，取5ml黏化溶液，加入2ml本氏液，觀察顏色的變化並紀錄之。



黏稠度測試



糖分測試



澱粉測試

四、探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，抗氧化力的比較

- (一) 研究方法：將不同熟度香蕉，經不同溫度烘乾後，用碘滴定法測試其抗氧化力。
- (二) 操作步驟：取實驗二煮好經不同溫度烘乾的不同熟度香蕉溶液 5ml，滴入 0.005M 的碘溶液直到藍黑色或藍紫色不再消失，紀錄碘液滴數，滴數越多，代表抗氧化力越強。

五、不同熟度的新鮮香蕉，直鏈澱粉含量的變化。

- (一) 研究方法：將不同熟度新鮮香蕉溶液，經過分光光度計的光譜吸收值，推測其值鏈澱粉含量的變化。
- (二) 操作步驟：將不同熟度的新鮮香蕉搗碎後，取溶液離心，取澄清液作光譜分析。

六、探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，直鏈澱粉含量的變化

- (一) 研究方法：將不同熟度香蕉，經不同溫度烘乾後，經過分光光度計的光譜吸收值，推測其值鏈澱粉含量的變化。
- (二) 操作步驟：取實驗二煮好經不同溫度烘乾的不同熟度香蕉溶液，取溶液離心，取澄清液作光譜分析。

七、將香蕉澱粉製成饅頭，其直鏈澱粉含量變化

- (一) 研究方法：將熟度 A、B 級的香蕉粉末，製成饅頭，經過分光光度計的光譜吸收值，推測其值鏈澱粉含量的變化。
- (二) 操作步驟：取 A、B 級的香蕉粉末，加入糖、鹽、油、少量麵粉、水、酵母揉成麵糰，發酵 1 小時後，放入電鍋中蒸熟，取部分饅頭溶解於水中，離心，取澄清液作光譜分析。



將香蕉分級



烘乾

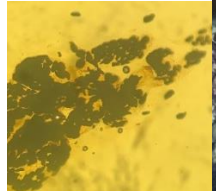
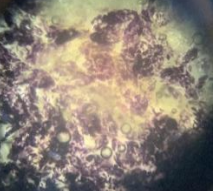
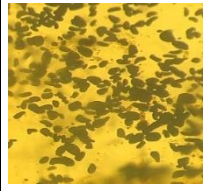
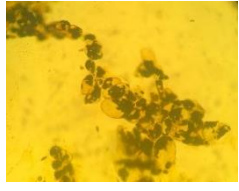
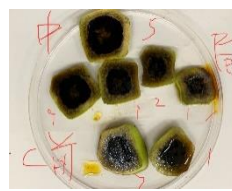
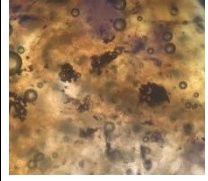


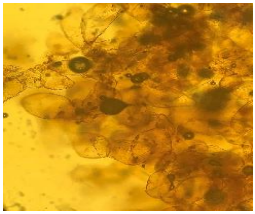
肆、研究結果：

一、不同熟度的香蕉，直鏈澱粉和支鏈澱粉粒分布的差異

不同熟度的香蕉吃起來口感和甜度不同，因此我們想了解其澱粉含量的差異，我們將香蕉切片，滴上碘液，用肉眼及複式顯微鏡觀察澱粉的分布，結果如下表：

表一-1: 不同熟度的新鮮香蕉的切片，以肉眼及顯微鏡觀察的差異

不同熟度的香蕉	顯微鏡下的澱粉粒(100X)	滴、碘液肉眼觀察	備註
O 未發育  		  	顯微鏡下部分成紫藍色，肉眼觀察偏藍色，推測此時其澱粉儲存較少，直鏈較多，皮和子房內沒有澱粉。
A 未成熟 	 		顯微鏡下和肉眼觀察，大部分成紫藍色，推測此時其澱粉儲存較多，以支鏈為主。
B 快成熟(綠皮) 	 	 	顯微鏡下和肉眼觀察，大部分成紫藍色，推測此時其澱粉儲存較多，以支鏈為主。
C 剛成熟(黃綠皮) 	 		顯微鏡下和肉眼觀察，大部分成深藍色，推測此時其澱粉以直鏈為主，細胞內的澱粉量減少，已轉換成糖了。
D 成熟(黃皮) 	 		顯微鏡下和肉眼觀察，少部分成深藍色或沒變色，推測此時澱粉以直鏈為主而且量很少了，多數已轉換成糖。

E 過熟(有斑點) 		 顯微鏡下和肉眼觀察，幾乎沒有變色， 推測此時澱粉已經都轉換成糖了。
--	---	---

◎結果與討論：

(一)在實驗中，我們發現了在顯微鏡下下香蕉部分有些紫藍色的澱粉粒是支鏈澱粉居多，藍黑色是直鏈澱粉較多，在實驗中，我們也得知除了未發育和未成熟(0、A期)的香蕉是直鏈澱粉多，剛成熟(B、C)是支鏈澱粉多，非常成熟的則是直鏈澱粉較多。

(二)在我們討論中，我們也整理了幾個直鏈澱粉和支鏈澱粉的差別!

1. 直鏈澱粉是一條直線，而支鏈澱粉則像有分岔一般，能增加與消化酵素接觸的表面積，所以消化速度快，但人體內分解澱粉的酵素主要是作用在直線處，因此分岔越多消化完整度越差。

2. 澱粉儲存以支鏈澱粉為主，而直鏈澱粉容易轉換成糖，讓人在吃完香蕉後，有助於腸胃的消化。

從上面的圖表我們就可以知道支鏈澱粉和直鏈澱粉的功用，在香蕉成熟的過程中，支鏈澱粉會比直鏈澱粉居多是因為香蕉要把澱粉存起來有助於發育，到了成熟時，直鏈澱粉分解為糖，有助於吸引動物覓食，協助其散播種子。

二、探討不同熟度的香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，形成黏性溶液溫度的差異

由實驗一的觀察我們發現香蕉在不同的成熟階段直鏈澱粉、支鏈澱粉及糖會轉變，因此我們想要了解香蕉澱粉糊化變黏稠及糖化變黏稠的溫度，測試結果如下表：

表二-1：不同熟度的香蕉在不同的烘乾溫度下香蕉澱粉開始糊化變黏稠及糖化變黏稠的溫度

烘乾處理	日曬	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃
0 期	55	70	75	70	70	65
A	50	70	70	70	70	65
B	55	70	70	65	70	70
C	55	60	60	65	60	60
D	55	60	60	60	60	60
E	50	60	60	55	50	50

圖2-1:相同烘乾溫度，不同熟度的香蕉糊化溫度的差異

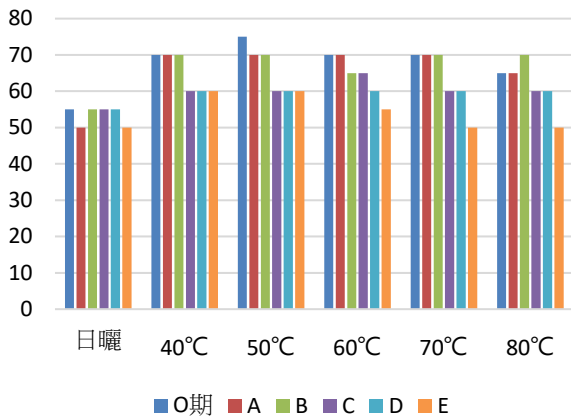
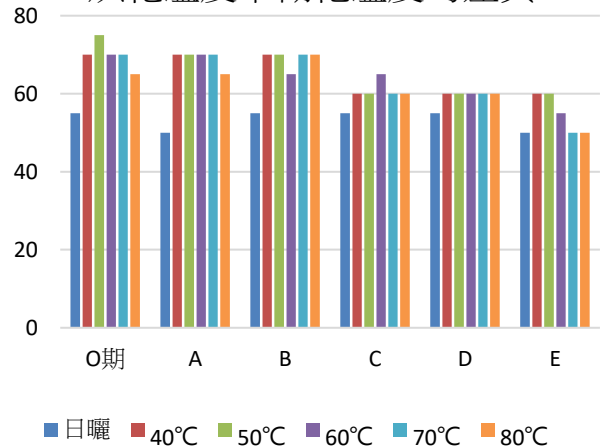


圖2-2:相同熟度的香蕉，不同烘乾溫度下糊化溫度的差異



◎結果與討論：

(一) 圖2-1我們發現相同烘乾溫度下，**溶液變黏性溫度**，成熟度越低的糊化溫度越高，成熟度越高的，**溶液變黏性溫度**越低，者種情形在60度以上較明顯，尤其是E期的溫度下降很多，推測烘乾溫度超過60度，熟度CDE期的糖會比較多。

。

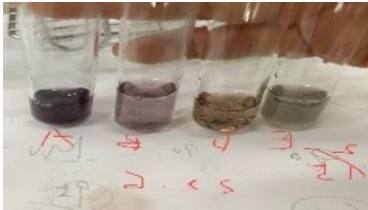
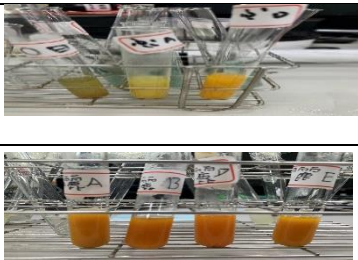
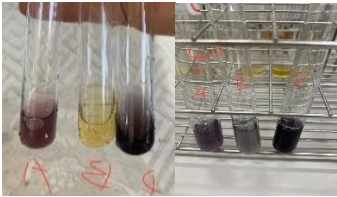
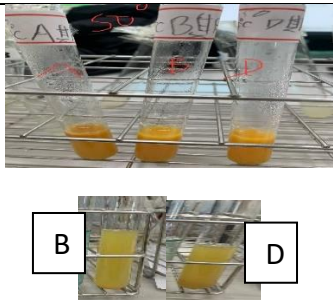
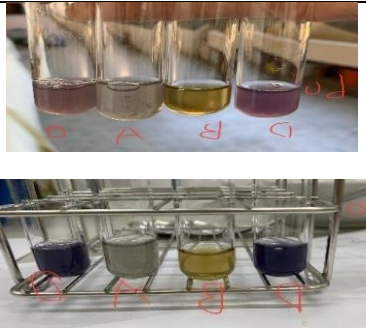
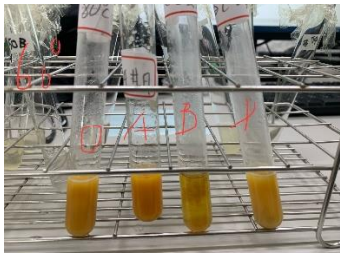
(二) 圖2-2我們發現相同熟度的香蕉，**溶液變黏性溫度**，在日曬處理的都比較低(50-55度)，其他烘乾溫度則差異不大，是否日曬處理會讓糖量增加，需要進一步實驗來證明。

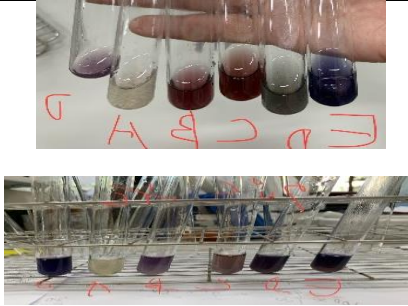
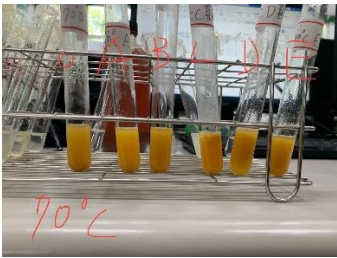
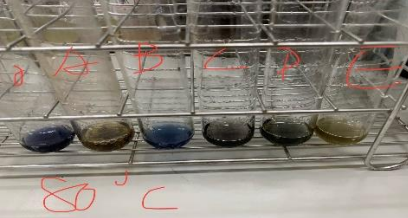
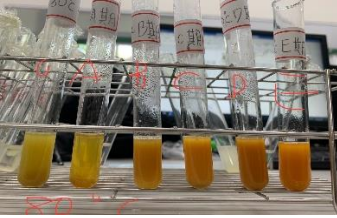
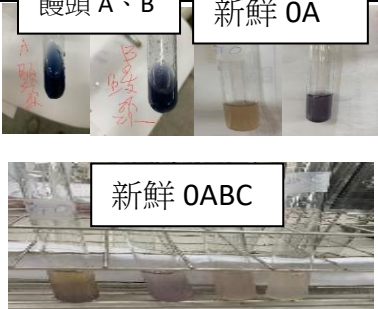
三、探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，含澱粉及葡萄糖的變化

由實驗一和實驗二發現隨著香蕉熟度的變化及烘乾溫度的不同，其直鏈澱粉、支鏈澱粉及糖量也會受到影響，於是我們就用學過的碘液和本氏液來測定這些香蕉澱粉和糖的量的變化，結果如下：

表3-1：不同熟度的香蕉在不同的烘乾溫度下直鏈澱粉、支鏈澱粉及糖量的變化

圖片中成熟期數都是由左到右(0→A→B→C→D→E)

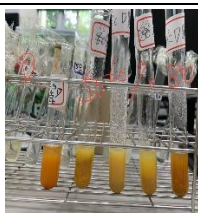
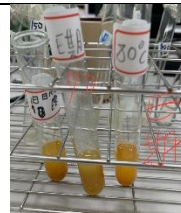
處理	澱粉測試	葡萄糖測試	備註
日曬	 A→B→D→E		日曬各期都有澱粉反應， A期直鏈澱粉多 (偏藍色)B期支鏈澱粉多(偏紫色)，DE期紫色漸少；各期都有糖反應，初期糖較少，後期較多(樣品濃度低-上圖，較易判斷)。
40℃	 A→B→D		40℃烘乾各期都有澱粉反應， A期支鏈澱粉多 (偏紫色)B期澱粉很少(偏藍色)，D期藍紫色；各期都有糖反應，初期糖較少，後期較多。
50℃	 0→A→B		50℃烘乾各期都有澱粉反應，0期澱粉很少(偏藍色) A期直鏈澱粉多 (偏藍色)， B期支鏈澱粉多 (偏紫色)D期藍紫色；各期都有糖反應。
60℃	 0→A→B→D		60℃烘乾各期都有澱粉反應，0期澱粉(偏紫色) A期澱粉少 (紫色漸淺)，B期澱粉更少，D期(偏紫色)；低濃度樣品紫色(支鏈澱粉)容易被測出；各期都有糖反應。

* 70°C			70°C烘乾各期都有澱粉反應，0期澱粉(偏藍色)A期澱粉少(淺紫色)，B期C期澱粉多(紫色)，D、E期(偏藍色)；各期都有糖反應，0、A期略少。
80°C			80°C烘乾各期都有澱粉反應，0期澱粉(偏藍色)A期澱粉少(淺紫色)，B期C期澱粉多(紫色)，D、E期(偏藍色)；各期都有糖反應，0、A期略少。
饅頭 和 新 鮮 香 蕉			新鮮香蕉測得澱粉較少(沒有濃縮)糖的量C期較多，製成饅頭後碘液反應成藍色，以直鏈澱粉居多。

◎結果與討論：

- (一)由圖表中發現在香蕉成熟的過程，糖的量越來越多(整理如下表)，日曬後測得的糖比較多，可能糖容易溶解出來，至於澱粉則是變異較大，可能因為香蕉來源不同、分期時有人為的誤差，導致相同期數澱粉顏色反應有不一致的現象。
- (二)70度烘乾的樣品比較齊全，也和我們用顯微鏡觀察結果較一致，所以我們推測香蕉成熟的過程，先有直鏈澱粉→支鏈澱粉漸多→支鏈開始轉換成直鏈→直鏈再轉換成糖。
- (三)以上的觀察多屬於定性分析，澱粉實際上量的變化還需定量分析較準確，因此以下的實驗使用光譜分析來印證我們定性觀察的結果。

表3-2：相同熟度的香蕉在不同的烘乾溫度糖量的變化

0	A	B	C	D	E
					

四、 探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，抗氧化力的比較

因為滴碘液時，發現溶液顏色會由藍紫色變回原來顏色的情形，推測香蕉溶液中具有抗氧化力的物質存在，於是我們用常用的點滴定法來比較這些香蕉溶液的抗氧化力，結果如下：

表4-1：不同熟度的香蕉在不同的烘乾溫度下，抗氧化力的比較

(表格內為碘液滴數，越多滴代表抗氧化力越強)

	日曬	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	A 饅頭	B 饅頭
0	缺	缺	7	3	2	4	缺	缺
A	3.5	4.5	4	3.5	2	4	2.5	缺
B	4	2	6	4	5.5	2.5	缺	2
C	缺	缺	缺	缺	3.5	8	缺	缺
D	2	3	3	1.5	3.5	9.5	缺	缺
E	2	缺	缺	缺	2.5	7	缺	缺

圖4-1:不同熟度的香蕉在不同的烘乾溫度下，抗氧化力的比較

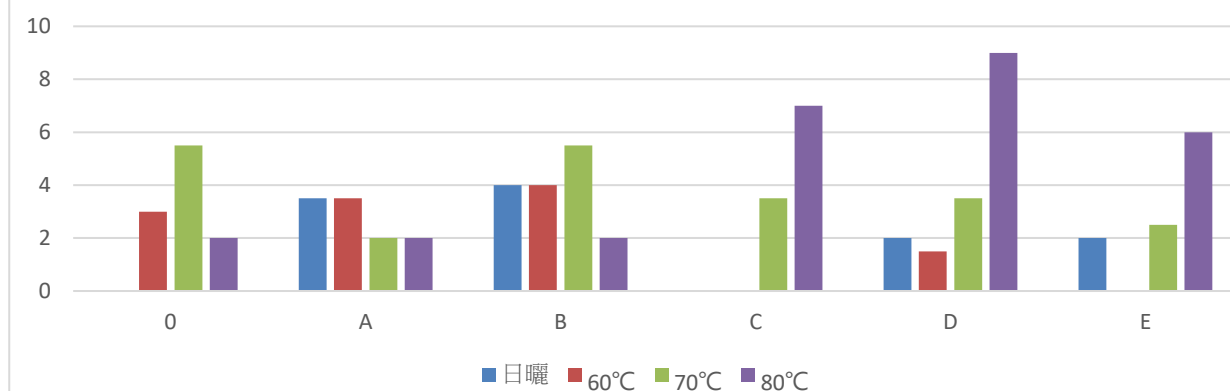
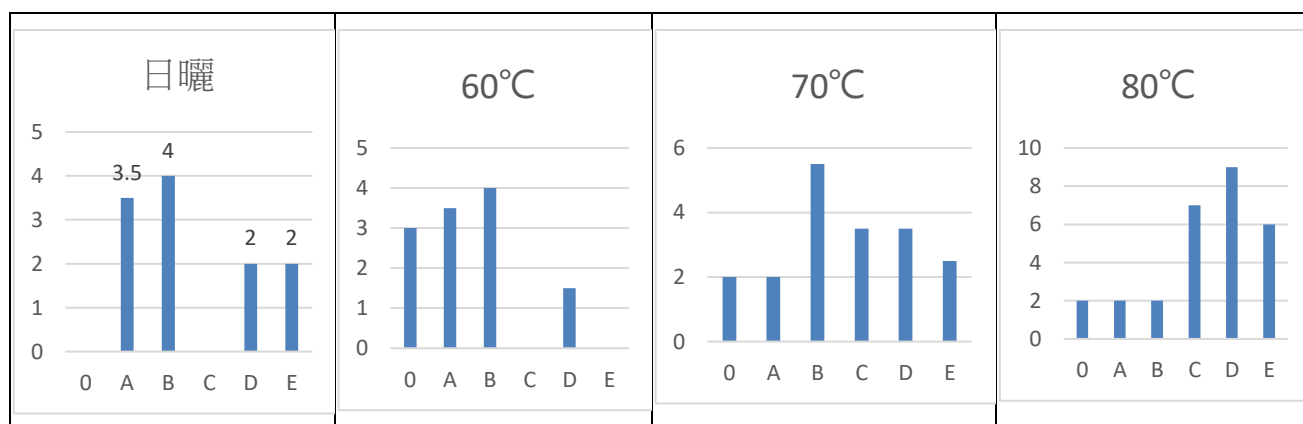


表4-2:相同的烘乾溫度下，不同熟度的香蕉在，抗氧化力的比較



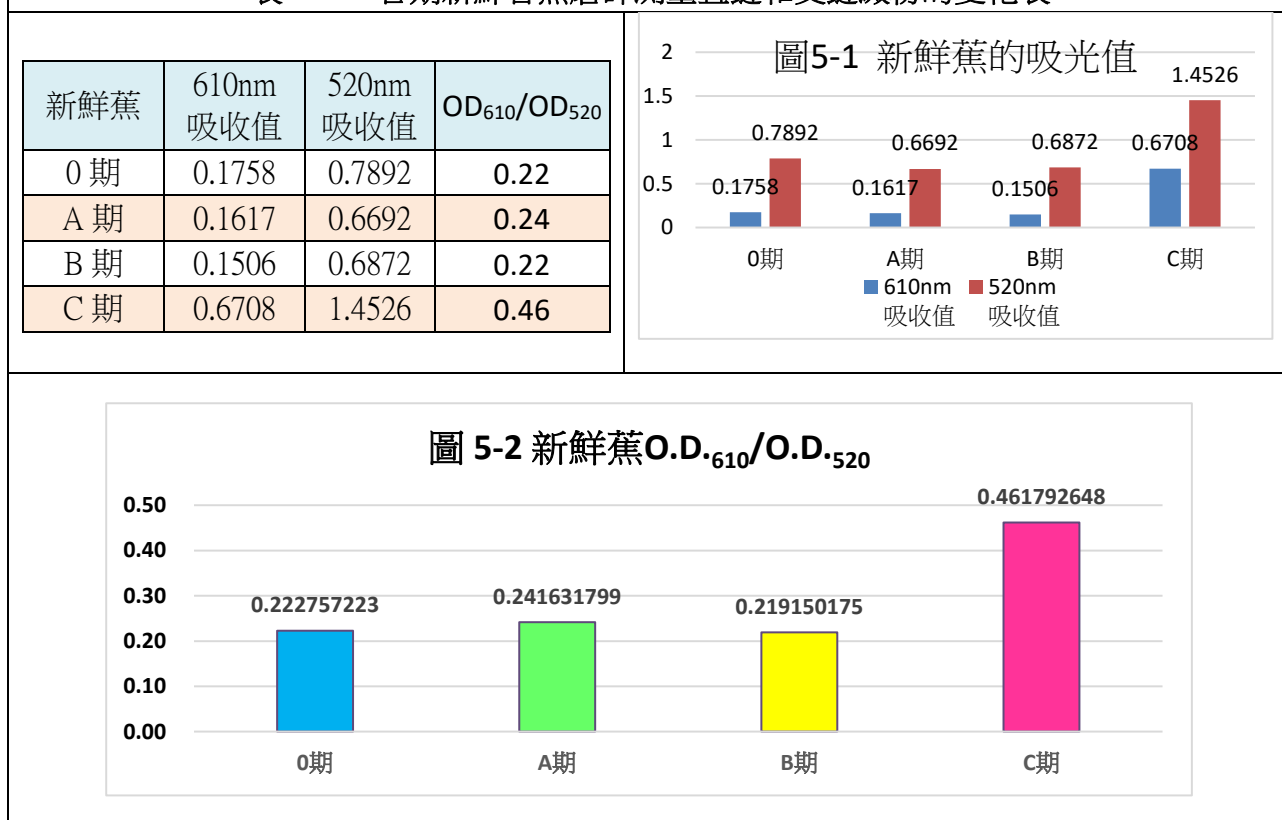
◎結果與討論：

- (一)香蕉粉抗氧化力的分析(圖4-1)，香蕉粉確實有些抗氧化力，0期和A期抗氧化力最好的是40度和80度烘乾的，B期則是50度最好，日曬和60、70度也不錯，CDE都是80度比較好，所以**整體而言80度烘乾的，抗氧化力平均最好**。
- (二)由表4-2發現60度以前，成熟期較前面的抗氧化力較強，70、80度則是較後期的抗氧化力較強，推測抗氧化力的來源在成熟前後期不一樣，成熟前期，抗氧化力可能受到高溫的破壞，所以低溫烘乾在前期較好，成熟後期抗氧化力的來源，在溫度高時，容易表現出來，至於抗氧化力是甚麼物質，需要更精密的設備來分析喔。

五、不同熟度的新鮮香蕉，直鏈澱粉含量的變化。

以下是我們測量新鮮香蕉的結果。(因為新鮮蕉磨碎溶在水裡的澱粉很少，經多次測試後，本次實驗僅稀釋4倍)

表 5-1: 各期新鮮香蕉磨碎測量直鏈和支鏈澱粉的變化表



◎結果與討論：

由以上資料，新鮮的香蕉的 $O.D_{610}/O.D_{520}$ 值都低於1，連0期的新鮮蕉直鏈澱粉也比較少，我們猜測烘乾磨碎成粉末相對濃縮了支鏈和直鏈澱粉，也就是說，新鮮蕉含水分和其他植化素等物質直接磨碎，其內容物含量相對不高。或許也因為如此吸光值都很低。

六、探討不同熟度香蕉粉，在不同的烘乾溫度下，直鏈澱粉含量的變化

我們將各期的香蕉切片烘乾後磨粉水煮，所得的結果如下：

表 6-1： 各期香蕉在 80 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

80 ° C 製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
0 期	0.5029	0.3081	1.63
A 期	0.1346	0.119	1.13
B 期	0.5856	0.3107	1.88
C 期	0.1691	0.1512	1.12
D 期	0.0991	0.0908	1.09
E 期	0.0165	0.0517	0.32

圖 6-1: 各期香蕉在 80 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化圖

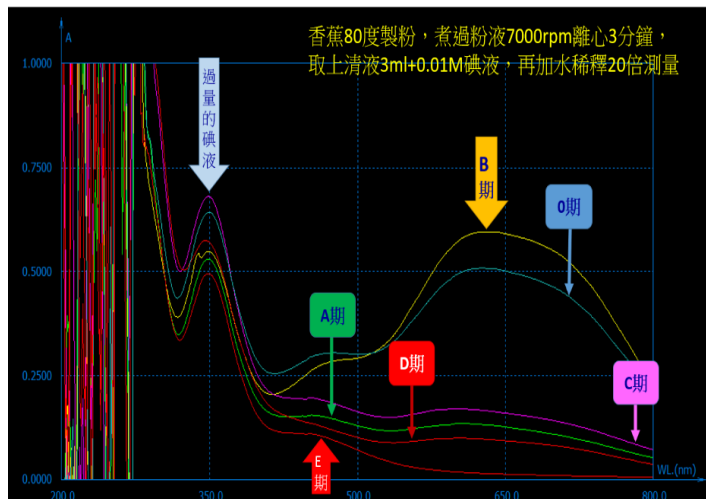


圖 6-2 80 ° C 製粉 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀

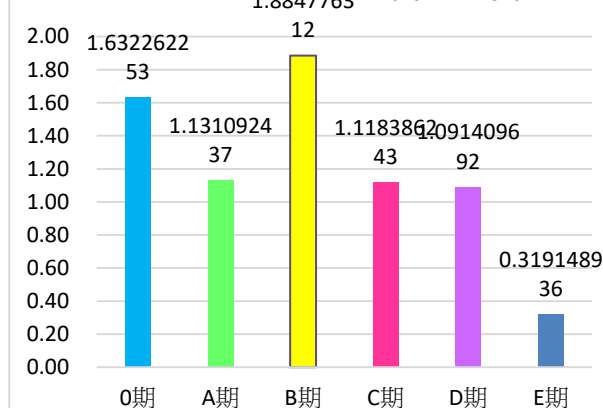
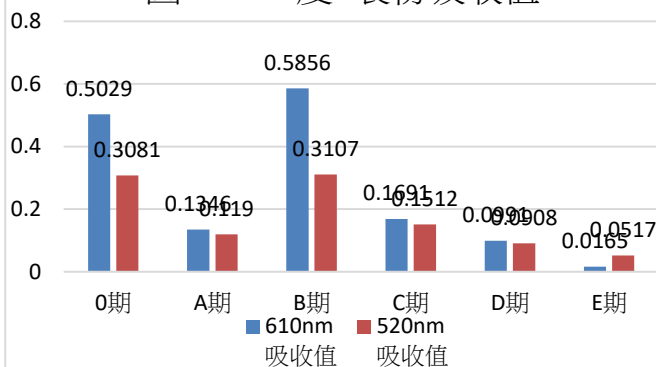


圖6-3: 80度C製粉吸收值



◎結果與討論：

由以上資料可得知，在 80 ° C 下烘乾製粉，B 期的 610nm 吸收值很高，其 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 也高，一如預料的結果，因為此時的香蕉正開始邁向成熟之路，其中所含的支鏈澱粉逐漸轉換為直鏈澱粉。但是 0 期的 610nm 吸收值和 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 也高，讓我們猜想，是否是因為香蕉正在成長，成長時需要直鏈澱粉轉化成葡萄糖供應細胞的需求，所以 A 期無論是支鏈還是直鏈澱粉明顯都降低，更可確定此時正是香蕉加速成長的時期，導致兩者都降低。到了 B 期的直鏈澱粉的吸光值增加，是香蕉開始成熟，要轉化變成糖了，所以直鏈澱粉增加。到了 C 期以後直鏈澱粉逐漸下降，我們推測此時已經逐漸糖化了，在 D 期直鏈澱粉就降得更低了，由上方的分光儀吸收光譜來看，直鏈澱粉的吸收值幾乎快沒有了。

過程中我們發現 A、C、D、E 期的澱粉轉換 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 看起來雖然高，但是其實際的吸收值 610nm 和 520nm 的吸收值是低的，可能是由於香蕉成長時支鏈澱粉不斷轉化成直鏈澱粉，供應香蕉所需的能量之外，也轉化變成纖維素與其它成份使香蕉逐漸長大。而 0~D 期的直鏈澱粉相對的比支鏈澱粉多。

表 6-2 各期香蕉在 70 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

70 ° C 製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
0 期	0.3427	0.2469	1.39
A 期	0.0249	0.0672	0.37
B 期	0.3874	0.3277	1.18
C 期	0.3455	0.2918	1.18
D 期	0.0775	0.1145	0.68

圖 6-4 各期香蕉在 70 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

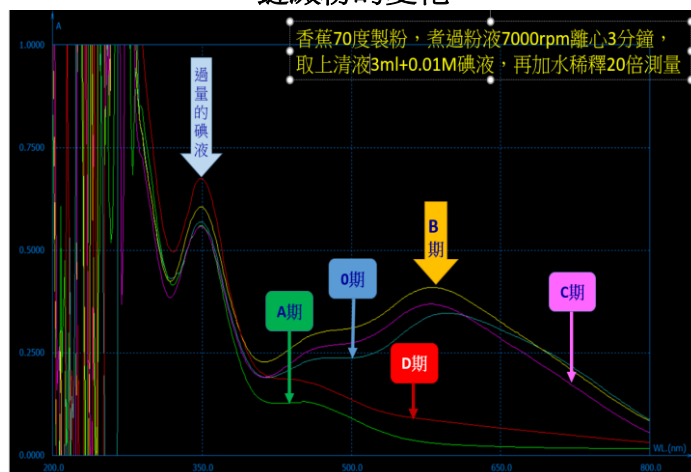


圖6-5: 70 ° C製粉 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀

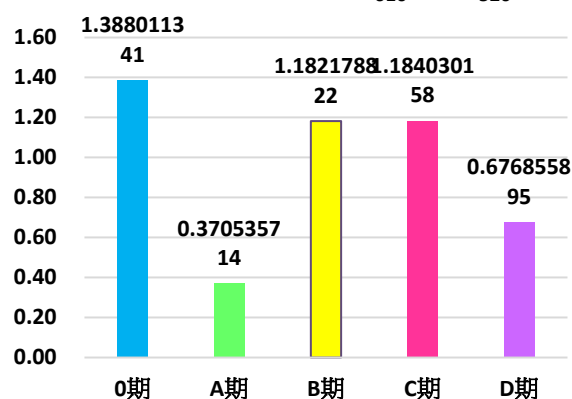
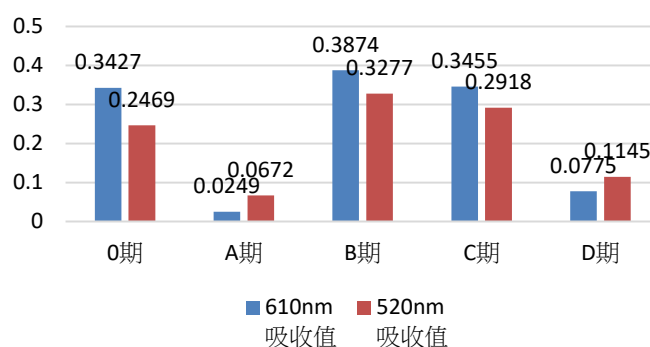


圖 6-6: 70度製粉吸收值



◎結果與討論：

由以上資料可得知，在 70 ° C 下烘乾製粉，B 期的 610nm 吸收值很高，其 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 也高，一如預料的結果，因為此時的香蕉正開始邁向成熟之路，其中所含的支鏈澱粉逐漸轉換為直鏈澱粉。但是 0 期的 610nm 吸收值和 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 也高，讓我們推測，是因為香蕉正在成長，成長時需要直鏈澱粉轉化成葡萄糖供應細胞的需求，所以 A 期無論是支鏈還是直鏈澱粉明顯都降低，更可確定此時正是香蕉加速成長的時期，導致兩者都降低。到了 B 期的直鏈澱粉的吸光值增加，是香蕉開始成熟，要轉化變成糖了，所以直鏈澱粉增加。C 期直鏈澱粉逐漸下降，仍然延續 B 期的直鏈澱粉多過支鏈澱粉，我們推測可能是我們劃分的 C 期跟 B 期接近，因為我們是用肉眼觀察香蕉的外表來細分 5 個成長時期而導致吸收值很接近。在 D 期直鏈澱粉就降得更低了，由上方的分光儀吸收光譜來看，直鏈澱粉的吸收值幾乎快沒有了。

過程中我們發現 A、B、C 期的澱粉轉換 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 看起來雖然高，但是其實際的吸收值 610nm 和 520nm 的吸收值是低的，可能是由於香蕉成長時支鏈澱粉不斷轉化成直鏈澱粉，供應香蕉所需的能量外，也轉化變成纖維素與其他成份使香蕉逐漸長大。

表 6-3 各期香蕉在 60 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

60 ° C 製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
0 期	0.9841	0.5242	1.88
A 期	0.0687	0.1102	0.62
B 期	0.4555	0.2586	1.76
C 期	0.0357	0.081	0.44

圖 6-3 各期香蕉在 60 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

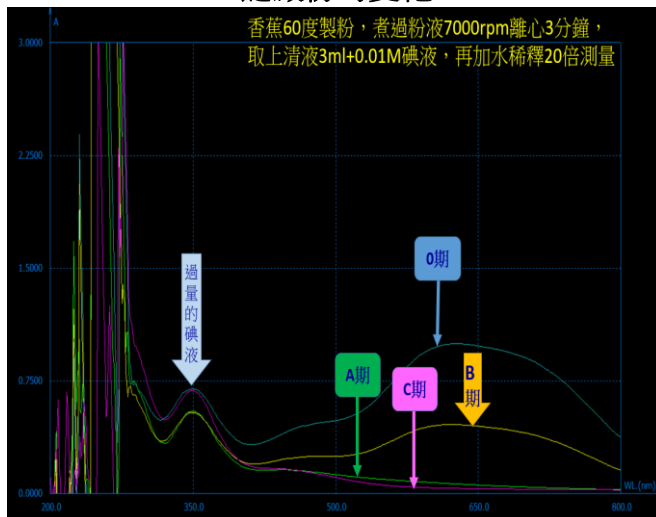


圖 6-5: 60 ° C 製粉 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀

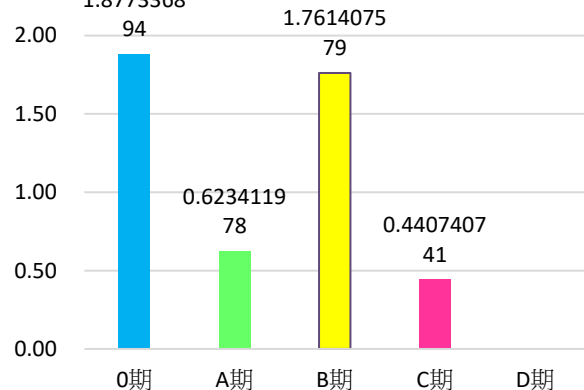
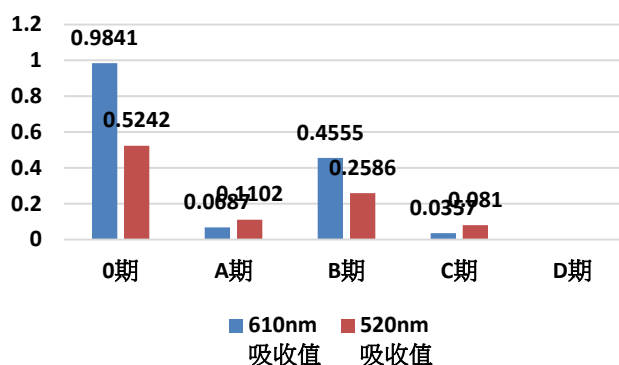


圖6-5 60度製粉吸光值



◎結果與討論：

由以上資料可得知，在 60 ° C 下烘乾製粉，0 期的 610nm 吸收值和 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 也高，讓我們猜是因為香蕉正在成長，成長時需要直鏈澱粉轉化成葡萄糖供應細胞的需求，所以 A 期無論是支鏈還是直鏈澱粉明顯都降低，更可確定此時正是香蕉加速成長的時期，導致兩者都降低。到了 B 期的直鏈澱粉的吸光值增加，是香蕉開始成熟，要轉化變成糖了，所以直鏈澱粉增加。C 期直鏈澱粉就降得很低了，由上方的分光儀吸收光譜來看，直鏈澱粉的吸收值幾乎快沒有了。

過程中我們發現 B 期的澱粉轉換 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 看起來雖然高，但是其實際的吸收值 610nm 和 520nm 的吸收值比 0 期低的，可能是由於香蕉成長時支鏈澱粉不斷轉化成直鏈澱粉，供應香蕉所需的能量之外，也轉化變成纖維素與其他成份使香蕉逐漸長大。

表 6-4: 各期香蕉在 50 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

50 ° C 製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
A 期	0.1597	0.1329	1.20
B 期	1.2601	0.6524	1.93
C 期	0.321	0.1995	1.61

圖 6-4: 各期香蕉在 50 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化

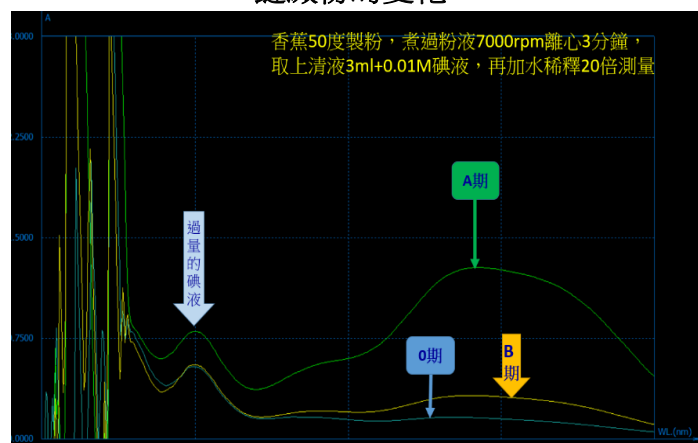


圖6-5: 50 ° C製粉 O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀

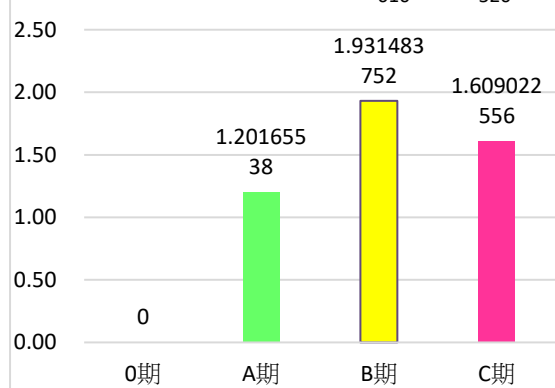
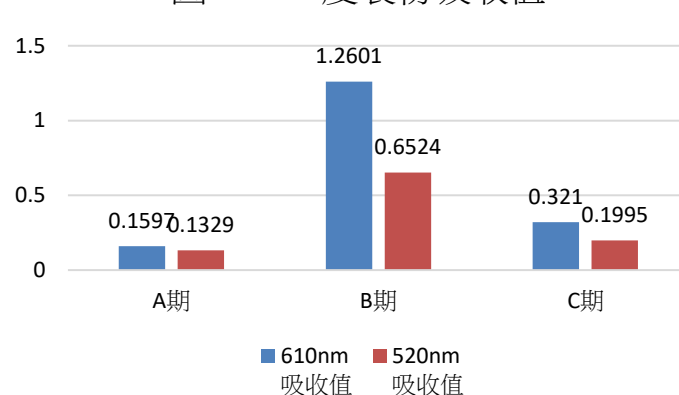


圖 6-6: 50度製粉吸收值



◎結果與討論：

在 50 度製粉下，我們依然發現 B 期的直鏈澱粉較多，開始轉成熟的階段，而且我們也發現這個溫度的條件下 B 期吸光值比其它溫度同期更高，表示溶在水裡的直鏈澱粉很多，我們不禁懷疑烘乾溫度是否也會讓支鏈澱粉轉化變成直鏈澱粉。有待我們接下去分析。而 C 期的澱粉轉化已經很少了，應該已經開始糖化了，O.D.₆₁₀/O.D.₅₂₀ 值也都超過 1，顯示直鏈澱粉多過支鏈澱粉。

表 6-5: 各期香蕉在 40 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化表

40 ° C 製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
A 期	0.1451	0.1308	1.11
B 期	0.0075	0.0489	0.15
D 期	0.1926	0.1906	1.01

圖 6-5 各期香蕉在 40 度下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化表

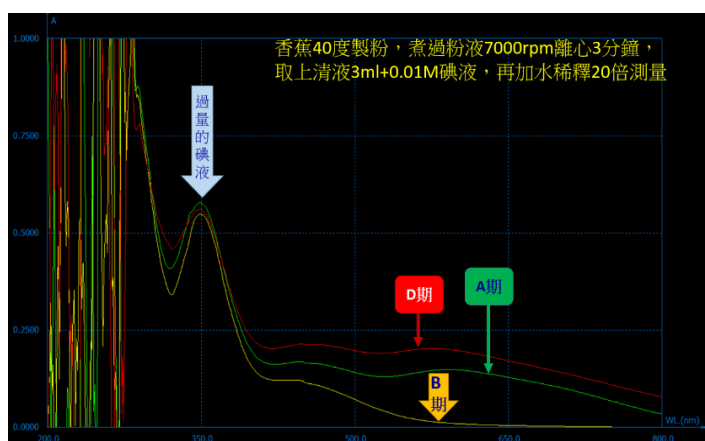


圖 6-6: 40 ° C 製粉 O.D.₆₁₀/OD₅₂₀

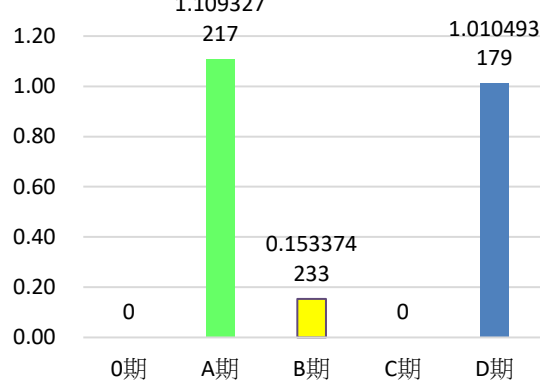
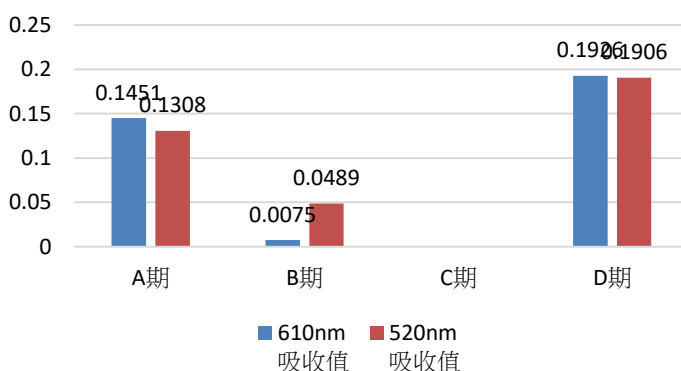


圖6-7: 40度製粉吸收值



◎結果與討論：

在 40 度製粉下，我們發現 A 期的直鏈澱粉較 B 期多，有可能肉眼觀察香蕉外表變化不甚準確，在劃分生長期程時出現誤判，以圖 來看支鏈和直鏈吸光值，這裡的 A 期極有可能是 0 期，B 期有可能是 A 期，而這裡的 D 期是香蕉開始轉成熟的階段，有待我們進一步找到答案，繼續分析。

但是無論哪一期，各澱粉的吸收值均低。

表 6-6: 各期香蕉在日曬下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化表

日曬製粉	610nm 吸收值	520nm 吸收值	OD ₆₁₀ /OD ₅₂₀
0 期	0.9635	0.5873	1.64
A 期	0.0358	0.0721	0.50
B 期	0.0653	0.0836	0.78
C 期	0.1266	0.1452	0.87
D 期	0.042	0.0712	0.59
E 期	0.0131	0.0474	0.28

圖 6-8: 各期香蕉在日曬下烘乾製粉後直鏈和支鏈澱粉的變化表

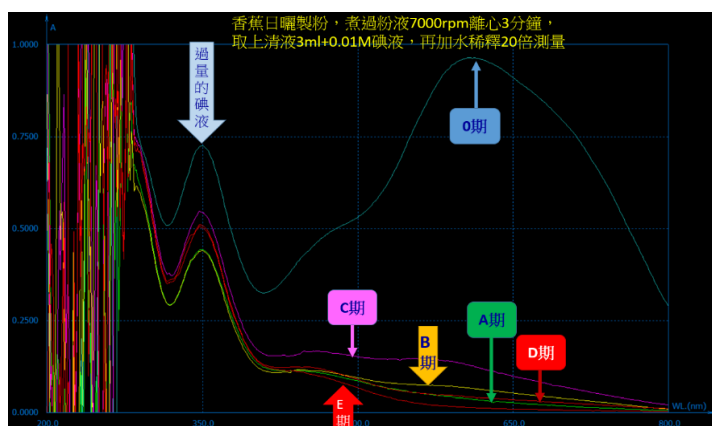


圖6-9: 日曬製粉

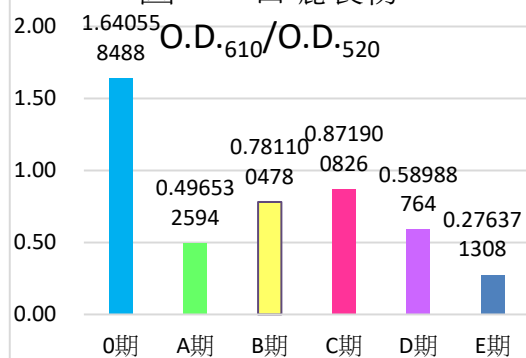
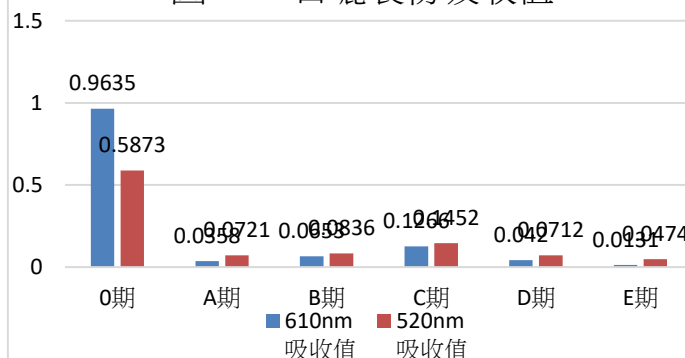


圖6-10 日曬製粉吸收值

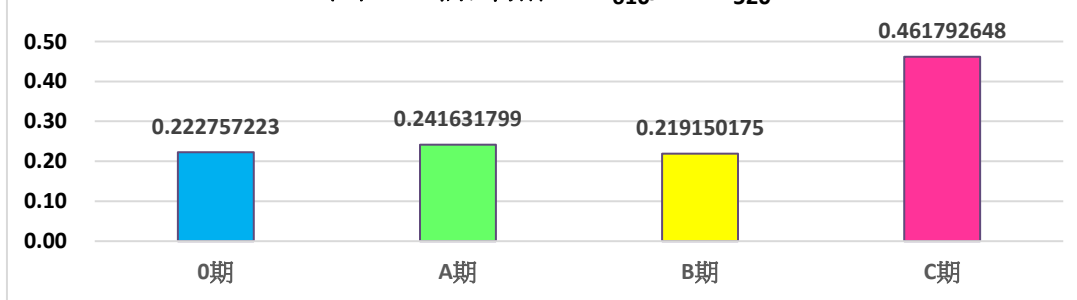


◎結果與討論：

看到日曬製粉的結果，我們發現不管是哪一期，支鏈澱粉都多過直鏈澱粉，我們合理推測可能有以下的情況，烘乾的過程中，支鏈澱粉會因為溫度提升而部分轉成直鏈澱粉。而日曬，雖然也是有升溫但是溫度不高。只是為何 B 和 C 期的 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 值都低於 1，也是讓我們感到疑惑，是否在烘乾製粉中，澱粉也會發生轉變。

比照圖 5-2，我們發現新鮮蕉的 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 值都低於 1，所以或許烘乾的溫度的高低也會促使支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉，導致 $O.D._{610}/O.D._{520}$ 值增加。

圖 5-2 新鮮蕉 $O.D._{610}/O.D._{520}$



七、將香蕉澱粉製成饅頭，其直鏈澱粉含量變化

最後我們把 80 度製成的香蕉澱粉拿來發酵製作純香蕉饅頭，我們測量支鏈和直鏈澱粉的結果如下：

表 7-1: 各期香蕉粉製成饅頭後直鏈和支鏈澱粉的變化表

饅頭成品	610nm 吸收值	520nm 吸收值
A 期	1.0228	0.6098
B 期	2.6641	1.2833

表 7-1: 各期香蕉粉製成饅頭後直鏈和支鏈澱粉的變化表

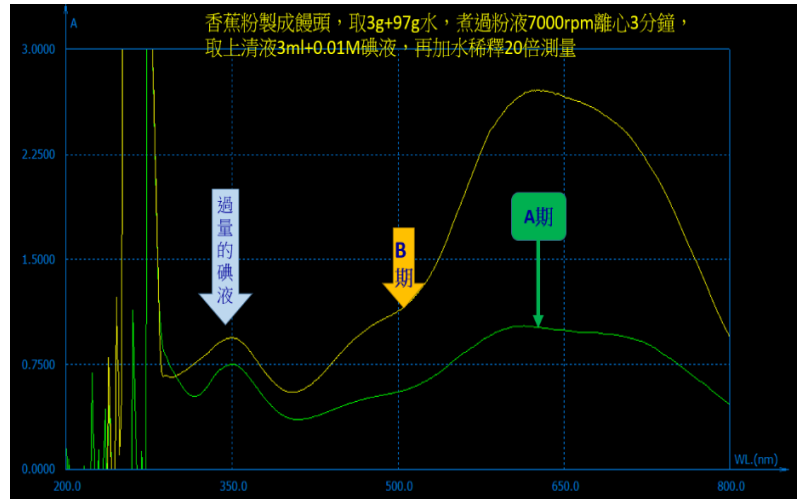


圖 7-2: 香蕉饅頭 $O.D_{610}/O.D_{520}$

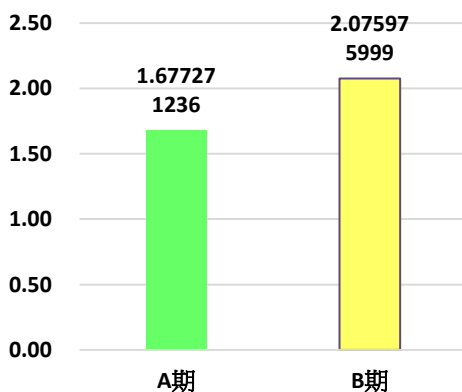
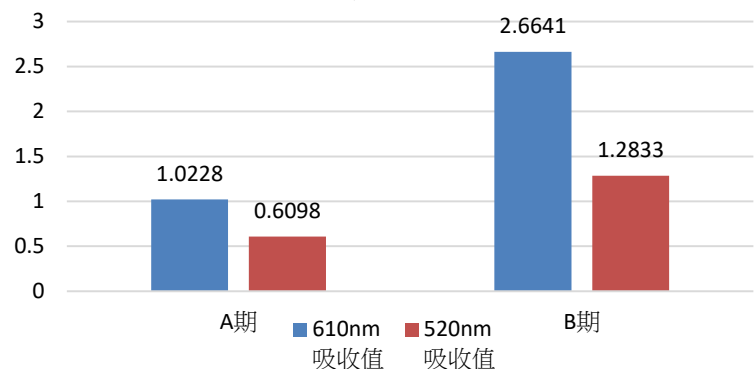


圖 7-3: 製成饅頭吸收值



◎結果與討論：

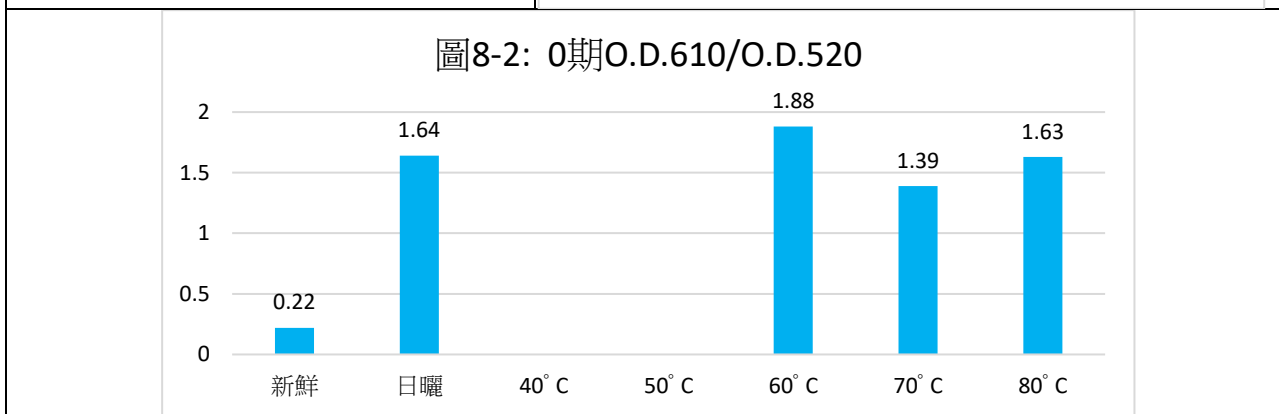
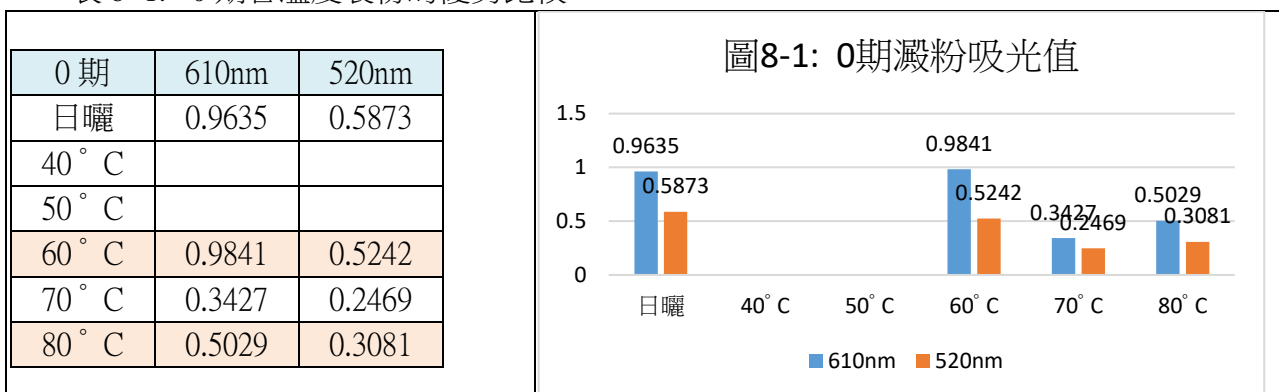
A 期和 B 期的澱粉均以直鏈澱粉為主，以 B 期的饅頭 $O.D_{610}/O.D_{520}$ 值為高，遠高過 A 期。我們推測饅頭在蒸煮過程可能也會讓支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉。

我們經過試吃的結果，比麵粉製的饅頭美味，且有淡淡的甜香。(老師吃完就胃痛)

柒、討論

由以上的初步分析，若是在製粉當中支鏈澱粉會轉成直鏈澱粉則要製作香蕉澱粉，到底哪一種溫度最佳呢？我們以同期不同溫度支鏈澱粉和直鏈澱粉吸光值比 $O.D.610/O.D.520$ 值來做比較，請看我們的下一段分析

表 8-1: 0 期各溫度製粉的優勢比較



由以上的圖表顯示，0 期的香蕉製粉澱粉轉化特別以 $O.D.610/O.D.520$ 值來看，60 度的表現最佳，日曬和 80 度製粉緊接在後

表 8-2 : A 期各溫度製粉的優勢比較

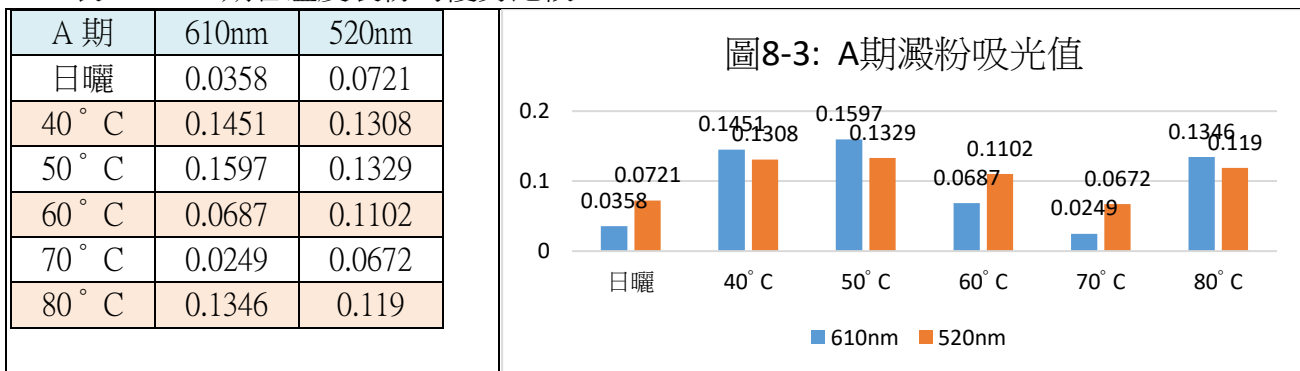
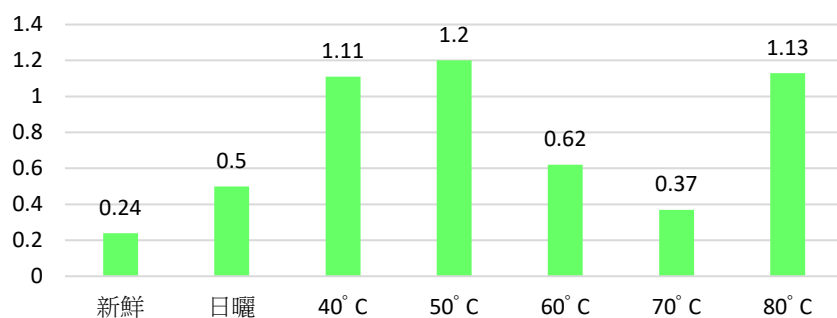


圖8-4: A期 O.D.610/O.D.520



由以上的圖表顯示，A期的香蕉製粉澱粉轉化特別以 **O.D.610/O.D.520** 值來看，50 度的表現最佳，40 度和 80 度製粉也很好。其它的均不佳，支鏈澱粉含量較高。

表 8-3: B 期各溫度製粉的優勢比較

B 期	610nm	520nm
日曬	0.0653	0.0836
40 ° C	0.0075	0.0489
50 ° C	1.2601	0.6524
60 ° C	0.4555	0.2586
70 ° C	0.3874	0.3277
80 ° C	0.5856	0.3107

圖 8-5: B期澱粉吸光值

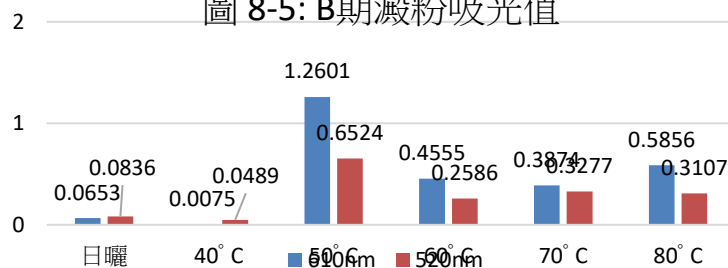
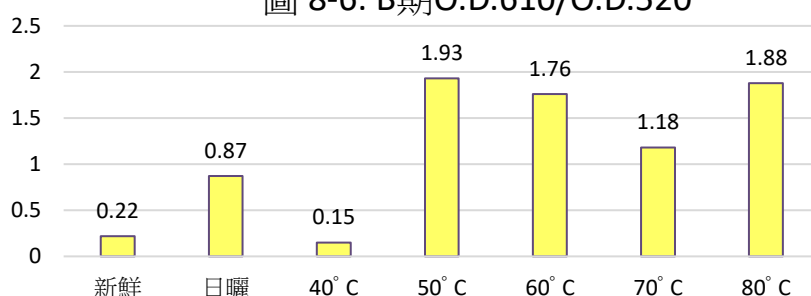


圖 8-6: B期O.D.610/O.D.520

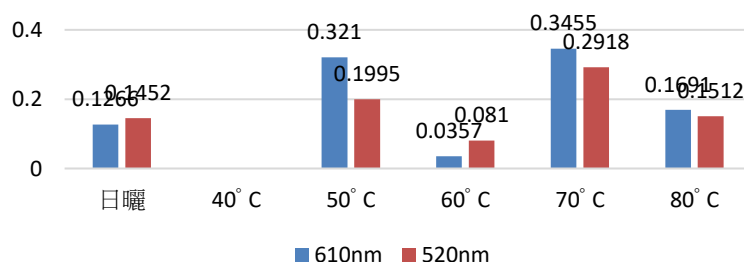


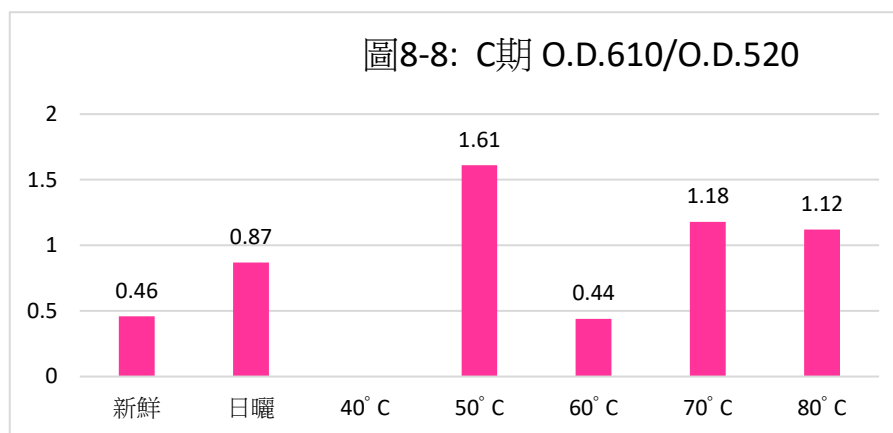
由以上的圖表顯示，B期的香蕉製粉澱粉轉化特別以 **O.D.610/O.D.520** 值來看，50 度的表現最佳，80 度和 60 度製粉也很好。日曬和 40 度比較差，支鏈澱粉含量較高。

表 8-4: C 期各溫度製粉的優勢比較

C 期	610nm	520nm
日曬	0.1266	0.1452
40 ° C		
50 ° C	0.321	0.1995
60 ° C	0.0357	0.081
70 ° C	0.3455	0.2918
80 ° C	0.1691	0.1512

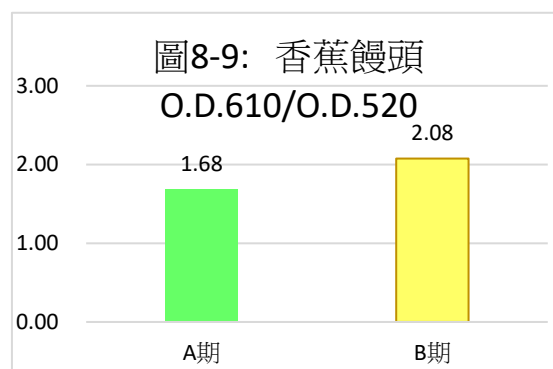
圖 8-7: C期澱粉吸光值





由以上的圖表顯示，C 期的香蕉製粉澱粉轉化特別以 **O.D.610/O.D.520 值** 來看，50 度的表現依然最佳，70 度和 80 度製粉也很好。日曬的製粉比較差，支鏈澱粉含量較高。。

綜合以上的分析果，我們發現 50 度的烘乾製粉看起來較好，直鏈澱粉比較多。若是製成饅頭則比較容易消化吸收。但是另一方面 **O.D.610/O.D.520 值** 若小於 1 則是支鏈澱粉含量高，不易消化吸收，由圖 我們製成香蕉饅頭的 **O.D.610/O.D.520 值** 可知，A 期的香蕉饅頭數值遠低於 B 期，故支鏈澱粉含量較高，所以有機會成為愛吃饅頭麵包的人的減肥聖品，既能滿足口腹之慾，又能控制醣類代謝吸收。真是我們未來可以發展的方向，香蕉王國的台灣，當香蕉產量過剩之時，過剩的香蕉澱粉可以成為麵粉的替代品。



柒、結論

- 一、在顯微鏡下的觀察，香蕉部分有些紫藍色的澱粉粒是支鏈澱粉居多，藍黑色是直鏈澱粉較多，除了未發育和未成熟(0、A期)的香蕉是直鏈澱粉多，剛成熟(B、C)是支鏈澱粉多，非常成熟的則是直鏈澱粉較多。
- 二、成熟度越低的糊化溫度越高，成熟度越高的，溶液變黏性溫度越低，者種情形在60度以上較明顯，尤其是E期的溫度下降很多，推測烘乾溫度超過60度，熟度CDE期的糖會比較多。
- 三、溶液變黏性溫度，在日曬處理的都比較低(50-55度)，其他烘乾溫度則差異不大。
- 四、香蕉成熟的過程，糖的量越來越多，日曬後測得的糖比較多。
- 五、70度烘乾的樣品比較齊全，也和我們用顯微鏡觀察結果較一致，所以我們推測香蕉成熟的過程，先有直鏈澱粉→支鏈澱粉漸多→支鏈開始轉換成直鏈→直鏈再轉換成糖。
- 六、香蕉粉抗氧化力的分析，0期和A期抗氧化力最好的是40度和80度烘乾的，B期則是50度最好，日曬和60、70度也不錯，CDE都是80度比較好，所以整體而言80度烘乾的，抗氧化力平均最好。
- 七、60度以前，成熟期較前面的抗氧化力較強，70、80度則是較後期的抗氧化力較強。
- 八、烘乾的溫度的高低促使支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉，導致 $O.D_{.610}/O.D_{.520}$ 值增加。
- 九、A、C、D、E期的澱粉轉換 $O.D_{.610}/O.D_{.520}$ 看起來雖然高，但是其實際的吸收值610nm和520nm的吸收值是低的，可能是由於香蕉成長時支鏈澱粉不斷轉化成直鏈澱粉，供應香蕉所需的能量之外，也轉化變成纖維素與其它成份使香蕉逐漸長大。而0~D期的直鏈澱粉相對的比支鏈澱粉多。
- 十、A期和B期的澱粉均以直鏈澱粉為主，以B期的饅頭 $O.D_{.610}/O.D_{.520}$ 值為高，遠高過A期。我們推測饅頭在蒸煮過程可能也會讓支鏈澱粉轉變為直鏈澱粉。

玖、參考文獻資料

- 一、一、水稻直鏈性澱粉突變體快速篩選法，鄭統隆等，台灣農業研究(54:103~112 (2005))
- 二、碘液調色盤—直鏈澱粉定量方法之改良，周芳瑜等，第48屆全國科展高職組第二名
- 三、解開「澱粉~碘」的藍色密碼，王暉偉等第，47屆全國科展國中組第一名
- 五、珍珠新「葛」命—「抗性」珍珠生成之道，張雯涵等，61屆全國科展高中組優勝