

# 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

080213

水乳蕉融~ 探討香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質  
之影響

學校名稱： 高雄市左營區舊城國民小學

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 作者：<br><br>小六 林沛縈<br><br>小五 洪睿廷<br><br>小五 余旻霓<br><br>小五 張競仁 | 指導老師：<br><br>蕭妃茹<br><br>周采蓉 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞： 微波萃取、果膠、乳化

# 水乳蕉融~ 探討香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質之影響

## 摘要

本研究由香蕉皮在檸檬酸溶液中微波萃取出果膠，希望此果膠可改善烘焙麵團性質，取代人工乳化劑。研究發現以微波萃取法可提高產率約至 17.7%；此萃取物被證實具有果膠特質（乳化能力及凝膠特性）。應用在烘焙麵團時，具有調整麵團發酵速度的能力，可加速高糖酵母麵團的發酵速度，節省製作吐司的時間；但對低糖酵母麵團的影響則是延緩發酵速度，適合用在需要長時間發酵的麵團中；萃取物的乳化特性，可強化麵筋結構，使麵團延展性佳，有利保存氣體進而增加吐司體積，也可讓麵團在烘烤過程及吐司保存過程，水分流失較少。總結，添加香蕉皮萃取物可以得到燒減率小，老化速度慢的膨鬆吐司，以香蕉皮萃取出果膠來取代麵包中的人工乳化劑是可行的。

關鍵詞：微波萃取、果膠、乳化

# 水乳蕉融~ 探討香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質之影響

## 壹、前言

### 一、研究動機

健康飲食及農產品廢棄物再利用是許多人關注的議題，台灣盛產香蕉，香蕉含有豐富的營養，但丟棄的香蕉皮其實也是營養價值很高的食物，我們進行香蕉皮的成份萃取，目標產物為果膠，以實驗驗證香蕉皮萃取物含有果膠成份的特性（乳化效果及凝膠特性），希望能取代麵包中的人工乳化劑，讓我們不僅找到農產品廢棄物「香蕉皮再利用」的機會，也為落實健康飲食貢獻一些想法。（翰林五下水溶液、康軒六下微生物）

### 二、文獻探討

#### （一）香蕉皮的營養及利用

香蕉是一種營養豐富的水果，多多攝取有益健康，外層被丟棄香蕉皮其實也是營養豐富的食物，研究指出香蕉皮含有鎂、鉀、維生素 A、維生素 C、維生素 B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub>等營養素，除此之外香蕉皮裡還含有一種可以轉換成血清素的色胺酸，可以幫助安定與放鬆，雖然它的營養價值高，但大量的纖維素，總是讓人難以下嚥。目前已有從香蕉皮中萃取出來的保健食品，主要是以色胺酸為主要成份，其實有些研究指出香蕉皮內的果膠含量也很高，臺灣每年丟棄數以噸計的香蕉皮，若能好好利用，就能落實創造農民的經濟利益與環保雙贏的循環經濟政策。

#### （二）果膠

果膠是一種以半乳糖醛酸為單體，透過糖苷鍵連接而成的高分子化合物（聚半乳糖醛酸），大多存在植物的細胞壁間。半乳糖醛酸上面的羧基會與甲醇形成酯鍵，依酯化程度不同可分為高甲酯果膠與低甲酯果膠，兩種果膠有不同的凝膠機制，高甲酯果膠在果膠含量<1%、蔗糖濃度 58%~75%、pH2.8~3.5 才能形成凝膠；低甲酯果膠則要在含有鈣、鎂離子的情況下才會凝膠，例如：愛玉子。目前果膠的取得大多來自柑橘類或蘋果渣，產率約 6%，果膠是一種天然食品添加劑，具有凝膠、增稠及乳化的特性。（資料來源：維基百科）

#### （三）乳化劑

乳化是指一種液體以極微小液滴均勻分散在互不相溶的另一種液體中的作用（[百度百科](#)）。乳化劑的結構中含有親水端與親油端，可以讓不互溶的水與油脂形成液體-液體的膠體，一般可分為兩種乳化類型，一種水中油型（O/W）；另一種是油中水型（W/O）。

（參考自太陽化學網站）

#### （四）麵包中的乳化劑

市售麵包加入乳化劑的議題不斷被關注，業者使用乳化劑可以改善麵包以下性質：

- (1) 乳化劑能使麵團延展性變好，乳化劑的親水基與麥膠蛋白結合，親油基與麥穀蛋白結合，使麵筋蛋白分子互相連接起來，由小分子變成大分子，形成結構牢固細密的麵筋網路，除了增加機器攪打的耐力，也不易產生斷筋現象。
- (2) 乳化劑可以增加麵團產氣時的保氣性，因為麵團的延展性變好，酵母菌發酵後產生的二氧化碳可以被包覆在麵團中，有助於烘焙時麵包體積膨脹。
- (3) 業者使用乳化劑可以做出體積膨脹感明顯的麵包，讓消費者覺得他買到的麵包比較大。如此一來，相同麵團，烤出體積較大的的麵包，比重較小，口感吃起來比較膨鬆，較能迎合大眾的口感。
- (4) 添加乳化劑能延緩麵包的老化現象，因為乳化劑會包圍糊化後的澱粉，使澱粉不易失去水分，放久了依然具有彈性，所以存放時間可以拉長。

由上可知添加乳化劑對麵包在麵團階段及成品階段都有很好的改善，隨著健康意識的抬頭，天然乳化劑逐漸被重視，果膠具有良好乳化能力，逐漸被烘焙業者開始重視使用。

(參考 VITO 雜誌)

#### (五) 果膠在麵包烘焙上的應用

市面上的果膠大都取自柑橘類果皮，為了解決人工乳化劑危害人體健康的疑慮，目前有文獻提出利用高甲氧基果膠來取代乳化劑，應用在烘焙產品上，對麵糰的軟硬度和安定性有明顯的幫助，而且能有效的增加麵包的體積、延緩澱粉發生老化現象，有效的延長麵包的架售時間。(參考來源：A+醫學百科)

#### (六) 微波萃取

一般萃取果膠是以熱浸提法萃取，此種萃取方式因長時間加熱，需要較多的溶劑避免蒸乾，所以有費時且消耗較多能源、及溶劑的問題存在。微波萃取法是一種新的萃取技術，利用微波快速加熱水分子，可以減少操作時間，也有能量消耗低、溶劑耗量小、選擇性高、目標成分產率高等等多項優點，已成為分析化學的一種快速製備樣品方法，[陳妍伶](#)博士論文摘要中提到柑橘類果膠以微波加熱萃取及無機酸的條件下，具有較高的萃取率和更佳的品質。

### 三、相關研究內容分析

表 1 相關研究摘要

|  |   |
|--|---|
| 作品一：蕉慮變膠傲-香蕉果膠的探討與應用<br>(52 屆全國科展國中組)                          |   |
| 研究內容   | 1、研究發現香蕉不同部位的果膠含量不同，香蕉果皮果膠萃取率約 0.63 %。(果肉含量 > 果皮加果肉 > 果皮)<br>2、研究發現成熟的香蕉果膠含量最多，萃取率約 0.95%。<br>3、果膠應用：利用果膠凝膠的特性，可製作成果醬、果凍或軟糖。  |
| 參考重點與本研究的異同處   | 1、此研究的香蕉皮萃取物產率最高為 0.95%，本研究改採微波萃取大幅增加萃取物性率。<br>2、此研究是利用果膠的凝膠特性應用在食品上，本研究是利用果膠的乳化特性應用在烘焙產品上。   |
| 作品二：探討果膠最佳製作方法與對重金屬除汙能力<br>(第一屆高中職綠色化學減毒減量創意競賽)                |   |
| 研究內容   | 1、以熱水浸提法萃取香蕉皮及各種果皮果膠，香蕉皮果膠產率約 6.9%。<br>2、進行果膠對金屬離子的吸附力效果實驗。   |
| 參考重點與本研究的異同處   | 1、此研究以熱水浸提法萃取香蕉皮果膠產率 6.9%，本研究改以微波萃取產率高於此參考值，證實微波萃取可提升萃取產率。  |
| 作品三：不同種類油脂對食品乳化系統安定性之影響不同種類油脂對食品乳化系統安定性之影響 (來源：詳參考文獻二、網路資料 6.) |   |
| 研究內容   | 1、以蛋黃為乳化劑，探討與對米糠油、沙拉油、棉籽油及紅花籽油乳化後，乳化物的安定性。結果發現這些乳化物的乳化活性介於 80%~90%。<br>2、乳化物製備：蛋黃液與油脂體積 1:1 混合後，以均質機(1000 rpm，2 min)，製成乳化物。<br>3、乳化活性測量方法：取 10ml 乳化物，置入離心管，測高度，離心後測量乳化物高度，計算乳化活性。<br>$\text{乳化活性} = (\text{離心前乳化層高度} / \text{離心後乳化層高度}) \times 100\%$ |
| 參考重點與本研究的異同處   | 1、本研究參考此研究之乳化物製備方式，調配 5%的萃取物溶液與沙拉油進行體積 1:1 比例混合。<br>2、參考乳化活性測量方法，因離心管為尖底，上方已有體積刻度，本研究以體積取代高度，計算出乳化安定性。  |

作品四：「醬」新獨具一低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討

(58 屆全國科展高中組)

|              |  |
|--------------|--|
| 研究內容         | 以高甲氧基果膠、低甲氧基果膠、愛玉子果膠酯酶、榕屬植物果膠改變條件製作低糖果醬，並發展黏度測試裝置測試品質。 |
| 參考重點與本研究的異同處 | 1、參考高甲氧基果膠、低甲氧基果膠凝膠比例                                  |

相關研究內容分析總結：

- 1、許多研究指出多種水果皮均可萃取出天然果膠，其中以柑橘類果膠產量較多，所以市售果膠大多由柑橘類為主要來源，但柑橘類水果有產季限制，**臺灣香蕉產量多**，且一年四季都可取得，適合當成量產果膠的來源。
- 2、大部份萃取出果膠大多探討其凝膠特性，較少研究探討果膠乳化特性。本研究測出**香蕉皮果膠乳化安定性佳**，是一種天然乳化劑，值得利用此特性取代人工乳化劑。
- 3、果膠在食品上的應用，大多依甲酯化程度，採用不同條件進行凝膠。高甲氧基果膠在酸及糖的條件下可做成果醬，低甲氧基果膠可利用鈣離子進行凝膠作用。**但本研究主要探討果膠乳化能力，並應用在烘焙產品。**
- 4、果膠萃取方法大多採用熱水浸提法，較費時，且萃取液量多，要使用的乙醇相對也較多；**微波萃取法**只要找到適合的功率及條件，即可節省能源及乙醇溶劑，降低萃取果膠所需的成本及時間。

## 貳、研究目的

- 一、探討以微波萃取法提高香蕉皮萃取物產率的條件
- 二、以實驗驗證香蕉皮萃取物的果膠特性
  - (一) 探討香蕉皮萃取物的乳化性質
  - (二) 探討香蕉皮萃取物的凝膠性質
- 三、探討添加香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質的影響
  - (一) 添加香蕉皮萃取物對麵團發酵情形的影響
  - (二) 添加香蕉皮萃取物對麵團延展性的影響
- 四、探討添加香蕉皮萃取物對烘焙成品性質的影響
  - (一) 添加香蕉皮萃取物對吐司成品燒減率的影響
  - (二) 添加香蕉皮萃取物對吐司成品比重的影響
  - (三) 添加香蕉皮萃取物對吐司成品老化的影響

## 參、研究設備及器材

### 一、實驗材料：

香蕉皮（收集營養午餐廚餘）、電子秤、計時器、游標尺、高糖酵母、低糖酵母、檸檬酸、高筋麵粉（駱駝牌無添加）、鹽、細砂糖、奶油、葵花油、本氏液、葡萄糖（日本試藥）、

### 二、實驗器材：

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|    |    |    |    |
| 定量瓶   | 士邦 SP800 攪拌機  | 溫控乾果機 AFD-965SDU   | 專業型高精密電子天平  |
|   |   |    |   |
| pH 計  | 微量吸管（安全吸球）  | 經濟型旋鈕式離心機 DSC-156T   | 吐司盒   |
|  |  |  |  |
| 大同微波爐 TMO-20MG  | 顯微鏡   | 布氏漏斗   | 抽氣機   |

# 肆、研究過程與方法

## 一、研究發想與架構

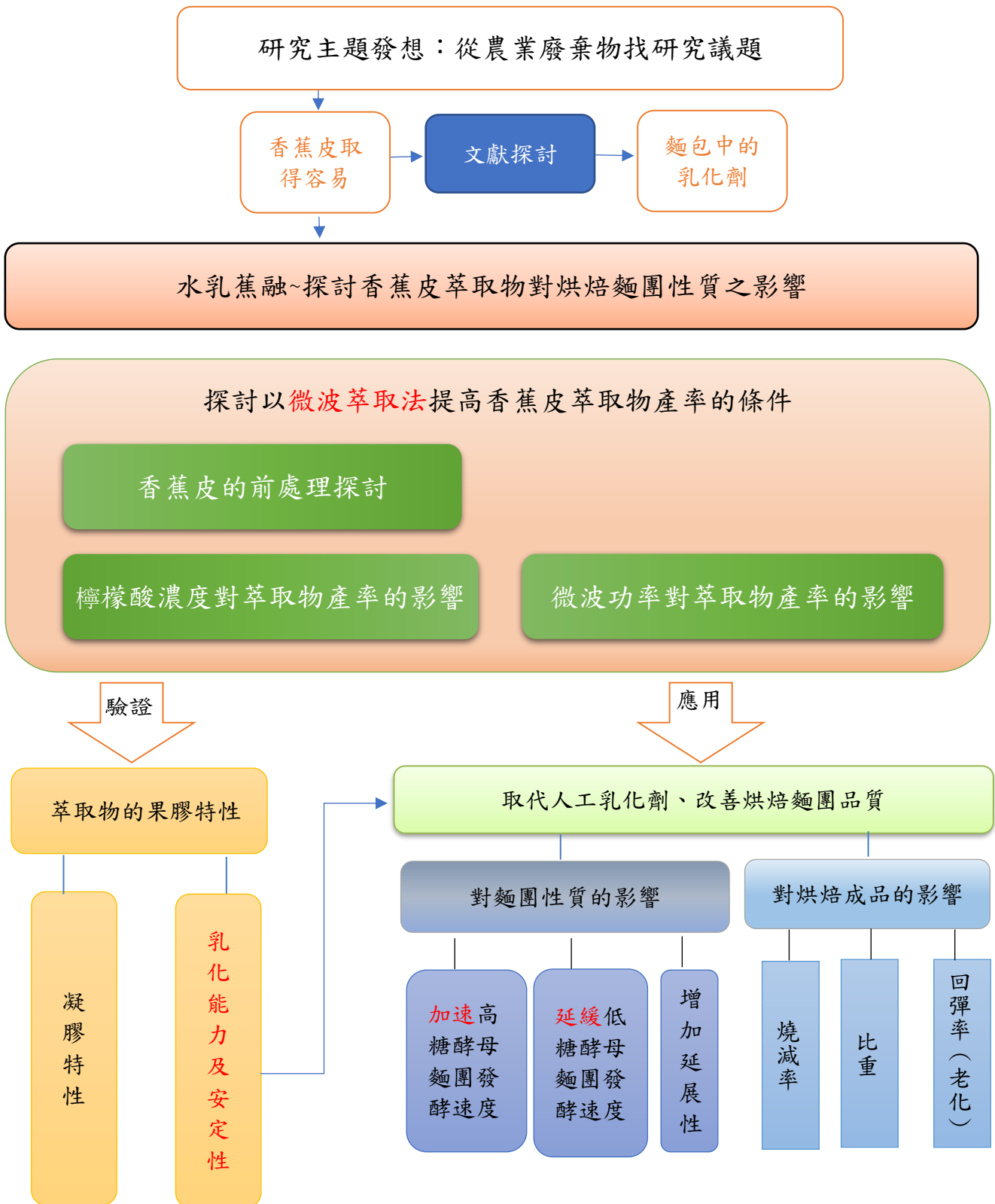


圖 1 研究發想與架構圖

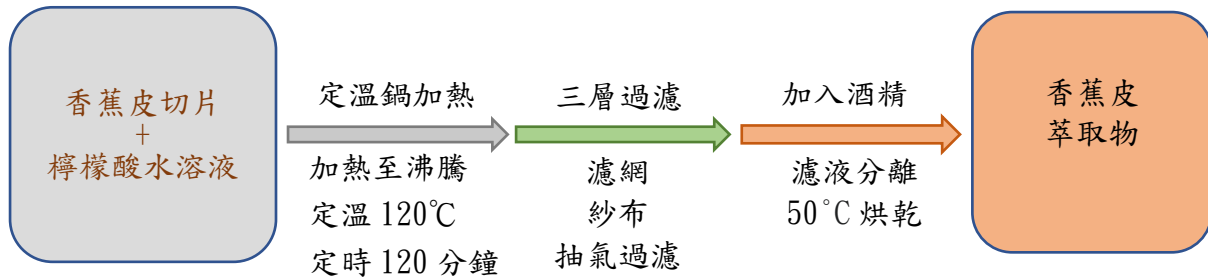


## 二、研究方法設計

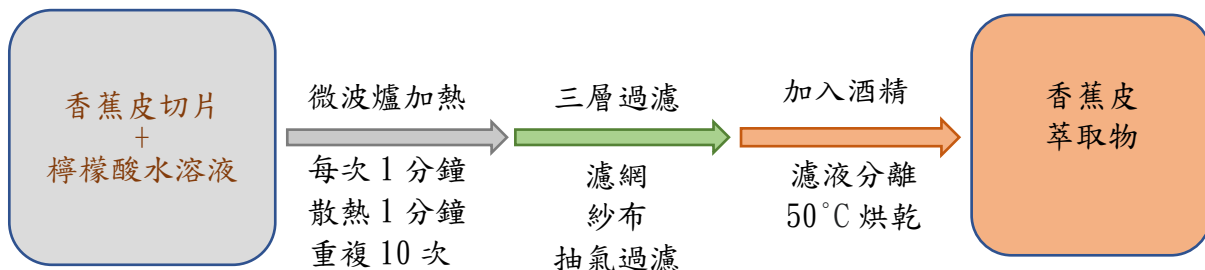
### (一) 香蕉皮萃取方法與流程

香蕉皮前處理：香蕉皮洗淨，切成約 1\*1 公分大小，冷凍保存。

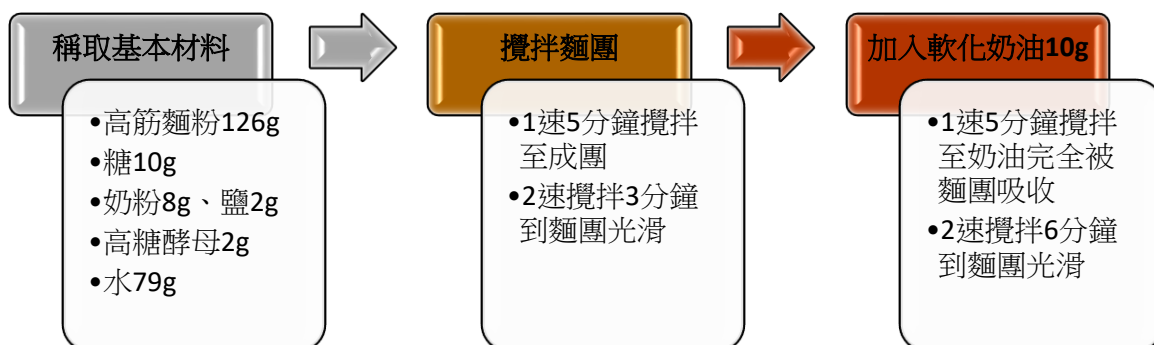
熱水浸提法（香蕉皮:檸檬酸重量比 1:8）



微波萃取法（香蕉皮:檸檬酸重量比 1:4）



### (二) 麵團製作流程



### (三) 麵團延展性測量

麵包的口感受到麵團筋性的強弱影響，一般對吐司的麵筋會要求可將麵團拉出透光薄膜，而且產生裂縫平滑缺口。筋性越好代表麵團的延展性越好，可以拉出透光性佳的薄膜，**本研究以薄膜的厚薄來判斷麵團的延展性**。取 5 公克的麵團，用手延展成薄膜狀，將薄膜套在小量杯上，刮除多餘麵團，稱量杯口 ( $12.56\text{cm}^2$ ) 薄膜所需之麵團重，計算單位面積薄膜的重量 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )，**薄膜重量越小，代表延展性越好**。



### (四) 麵團燒減率測量

麵團經由高溫烘焙時，會造成水份的流失，使得烘焙後的成品較原始麵團輕，吐司烘烤後水分流失減輕的重量的比例稱為燒減率，測量方式如下：取  $W_1$  公克的麵團，烘焙後得到  $W_2$  公克的成品，表示減少了  $W_1 - W_2$  的水份，**燒減率 =  $(W_1 - W_2) / W_1 * 100\%$** 。一般麵包的燒減率約在 10%~25% 之間。

### (五) 吐司成品回彈率測量 (老化)

吐司放置一段時間，原本被澱粉包圍的水分，會因為氫鍵形成，使得水分被排出，造成吐司彈性變差，就是指吐司發生老化現象。本研究以吐司在固定重物重壓一段時間後，吐司高度的變化率來代表吐司的老化現象，回彈率越小，代表吐司彈性不佳，表示吐司老化情形明顯。

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>游標尺<br/>測量畫<br/>記紅點<br/>之的吐<br/>司高度 ←</p> <p>測得高度 <math>H_1</math></p> | <p>彈珠 300<br/>公克<br/>吐司</p> <p>2:00</p> | <p>測得高度 <math>H_2</math></p> <p>回彈率計算：<br/>回彈率 = <math>(H_2 / H_1)</math><br/>*100</p> |
|---|---|--|

## 伍、研究內容與結果

### 實驗一：香蕉皮前處理方式及對萃取率的影響

#### 實驗一之一：如何讓香蕉皮不變黑

前言：香蕉皮取下後，很快就變黑，看起就有點爛爛的，對大量收集的我們看起來不太習慣，有什麼方法可以阻止香蕉皮變黑？所以我們嘗試將香蕉皮用不同方式保存，看看是否會阻止香蕉皮變黑？

#### 實驗方法：

- 1、將香蕉皮取下後放進冷水、熱水及不同濃度的鹽水、糖水、小蘇打水、檸檬酸溶液中，保存 1 天，拍照觀察變黑情形。
- 2、將香蕉皮存放在冷藏、冷凍中，觀察變黑情形。

#### 結果：

表 2 浸泡在不同液體的香蕉皮變黑情形









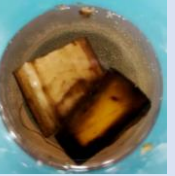

| 照片及結果項目   | 浸泡液 | 冷水  | 5%鹽水  | 5%糖水  | 5%小蘇打   | 5%檸檬酸  |
|-----------|-----|---|---|---|---|--|
| 保存 1 天後照片 |     | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>未變黑 |
| 浸泡液       |     | 熱水  | 10%鹽水   | 10%糖水   | 10%小蘇打  | 10%檸檬酸   |
| 保存 1 天後照片 |     | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>未變黑 |

表 3 存放在冰箱及冷凍庫中香蕉皮變黑情形

| 照片及結果項目   | 浸泡液 | 室溫 (對照組)  | 冷藏  | 冷凍  |
|-----------|-----|---|---|---|
| 保存 1 天後照片 |     | <br>變黑 | <br>變黑 | <br>變黑 |

### 小結：

- 1、實驗發現泡在冷水、熱水中的香蕉皮會變黑。
- 2、泡在不同濃的鹽水、糖水、及小蘇打水中，香蕉皮變黑情形明顯。
- 3、浸泡在不同濃度的檸檬酸溶液中的香蕉皮未明顯變黑，可知香蕉皮保存在酸性溶液中，可使香蕉皮顏色不變黑。
- 4、低溫保存法（冷藏及冷凍）都無法阻止香蕉皮變黑。

### 實驗一之二：新鮮、冷凍香蕉皮對萃取物產率的影響

前言：如果要大量萃取香蕉皮，需要大量的前處理過程及浸泡保存，會阻礙香蕉皮被利用的機會，冷凍是一般保存食物避免腐爛常用的方法，所以我們想如果冷凍且已經變黑的香蕉皮與新鮮香蕉皮萃取出來的物質是否有差異呢？

### 實驗步驟：

- 1、以定量瓶調配 0.5M（48 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）。
- 2、依據香蕉皮熱浸提法製作流程，更換新鮮香蕉皮及冷凍香蕉皮二種原料。
- 3、計算萃取物產率=（萃取物重/香蕉皮重）\*100%，每種原料皆實驗三次。
- 4、計算出平均產率並對結果進行討論。

### 結果：

表 4 新鮮、冷凍香蕉皮萃取產率

| 次序<br>產率<br>原料 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均產率<br>(%) |
|----------------|-----|-----|-----|-------------|
| 新鮮香蕉皮          | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.0         |
| 冷凍後香蕉皮         | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.7         |

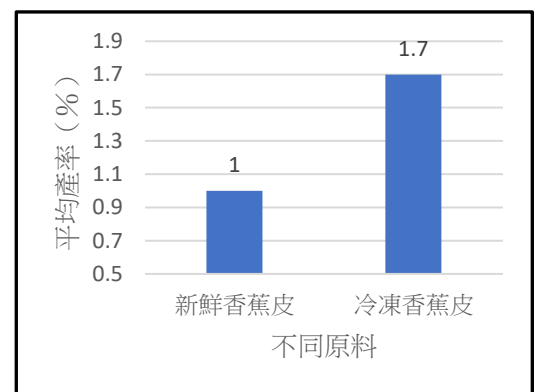


圖 2 新鮮、冷凍香蕉皮萃取產率

### 小結：

- 1、冷凍變黑的香蕉皮與新鮮香蕉皮以相同萃取條件進行熱水浸提 120 分鐘，新鮮香蕉皮得到萃取液顏色較淺，萃取物的產率低。冷凍的香蕉皮雖然顏色變黑，萃取液色澤較深，但產率較高。
- 2、若要大量生產香蕉皮果膠，取得香蕉皮後只要用冷凍方式就可保存，而且保存方式又可以提高產率，這點可以吸引業者大量進行香蕉皮萃取。

## 實驗二：探討提高微波萃取香蕉皮萃取物產率的條件

### 實驗二之一：探討檸檬酸濃度對微波萃取香蕉皮產率的影響

前言：一般萃取果膠的方式都採用熱水浸提法，本研究進行香蕉皮熱水浸提法萃取試做時，發現產率約在 1.7% 左右，文獻資料「曾寶釵論文摘要」提到微波萃取果膠方式產率可高於熱水浸提法，再加上「陳妍伶論文摘要」中提到的果膠萃取通常都是在酸性條件下進行，因工業上使用的鹽酸危險性較高，故本研究使用危險性較低的檸檬酸來進行萃取，希望能找出香蕉皮微波萃取檸檬酸的最佳濃度，**萃取物產率=（萃取物重/香蕉皮重\*100%）**。

#### 實驗步驟：

- 1、以定量瓶調配 0.5M 檸檬酸水溶液（48 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）1M（96 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）、2M（192 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）、3M（288 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）。
- 2、依據香蕉皮微波萃取製作流程，依序更換四種不同濃度之檸檬酸溶液。
- 3、計算萃取物產率=（萃取物重/香蕉皮重）\*100%，每種濃度之溶液皆實驗三次。
- 4、計算出平均產率，並對結果進行討論。

#### 結果：

表 5 不同檸檬酸濃度得到的香蕉皮萃取物產率

| 產率<br>檸檬酸濃度 (M) | 次序 | 第一次  | 第二次  | 第三次 | 平均產率 |
|-----------------|----|------|------|-----|------|
| 0.5M            |    | 1.7  | 1.6  | 1.6 | 1.6  |
| 1M              |    | 2.2  | 2.3  | 2.1 | 2.2  |
| 2M              |    | 7.7  | 8.4  | 7.9 | 8.0  |
| 3M              |    | 12.5 | 11.9 | 12  | 12.1 |

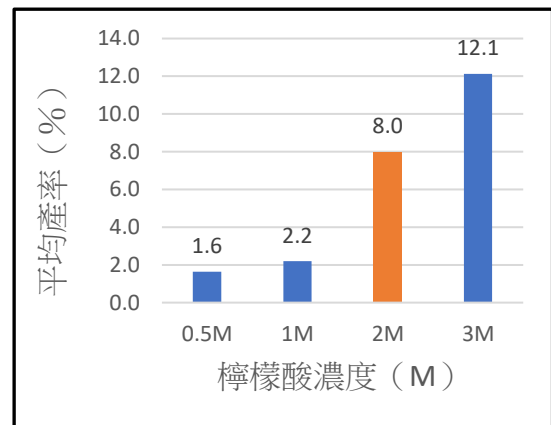


圖 3 不同檸檬酸濃度得到的香蕉皮萃取物產率

#### 小結：

- 1、由實驗結果發現以 500W 功率進行香蕉皮萃取，在萃取液比為 1:4 時，當檸檬酸的濃度越高，萃取出來的物質產率越高。
- 2、以 500W 的微波功率，微波 10 分鐘，當檸檬酸濃度為 3M 時，萃取物進行一次酒精純化時，膠狀物質內包含許多檸檬酸，烘乾後有檸檬酸結晶，需要經過多次 95% 的酒精純化，耗費酒精較多。

## 實驗二之二：探討微波功率對微波萃取香蕉皮萃取物產率的影響

前言：文獻資料「[曾寶勳論文摘要](#)」指出微波功率對萃取產率會有所影響，我們使用家用微波爐（大同微波爐 TMO-20MG），其可調整微波功率有（中火-500W）（中大火-600W）（大火-700W）三種，試試看萃取物的提升效果。

### 實驗步驟：

- 1、以定量瓶調配 2M（192 公克檸檬酸配成 0.5L 水溶液）。
- 2、依據香蕉皮微波萃取製作流程，依序更換三種不同微波功率。
- 3、計算萃取物產率=（萃取物重/香蕉皮重）\*100%，每種功率皆實驗三次。
- 4、計算出平均產率，並對結果進行討論。

### 結果：

表 6 不同微波功率得到的香蕉皮萃取物產率

| 產率<br>微波功率 | 次序 | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均產率<br>(%) |
|------------|----|------|------|------|-------------|
| 500W       |    | 7.7  | 8.4  | 7.9  | 8.0         |
| 600W       |    | 15.2 | 14.9 | 14   | 14.7        |
| 700W       |    | 17.1 | 17.5 | 18.5 | 17.7        |

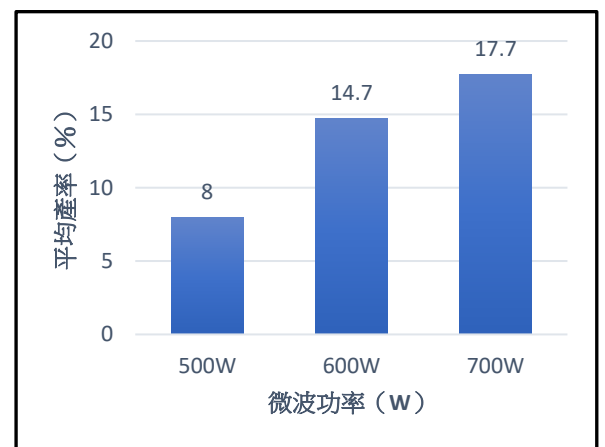


圖 4 不同微波功率萃取之香蕉皮萃取物產率

### 小結：

- 1、從上述實驗圖表得知：微波加熱功率越大，香蕉皮萃取物的產率隨之提高。
- 2、提高單位時間的熱量可以萃取出更多香蕉皮內的物質。
- 3、以 2M 的檸檬酸進行萃取時，微波功率 700W，可以溶解出水溶性的物質越多，產率可達 17.7%。

## 實驗三：驗證香蕉皮萃取物的果膠特性

前言：為了要確定我們萃取出產物是否含有果膠成份，所以進行果膠的乳化能力及凝膠等兩大特性驗證，並了解如果具有乳化能力，其乳化類型是屬於油包水類型或水包油類型？還有依凝膠特性判斷是屬於高甲氧基果膠或是低甲氧基果膠，可以讓我們更了解香蕉皮萃取物的特性，增加香蕉皮萃取物被利用的可能性。

### 實驗三之一：驗證香蕉皮萃取物的乳化性質

#### 實驗步驟：

- 1、**乳化效果**：將兩組 5mL 的水和 5mL 的油放入同一試管，其中一組為對照組;另外一組則為實驗組，實驗組將水改為 5%香蕉皮萃取物之溶液，充份搖晃後靜置，觀察溶解分層情形
- 2、**乳化能力**：將試管中加入 5mL 油脂，分別加入 1mL、2mL、3mL、4mL、的萃取物 5%溶液，充份攪拌後，觀察 5mL 油脂可完全乳化萃取物溶液的最大量。
- 3、**乳化安定性**：測量乳化物總體積  $V_1$ ，再將乳化物進行離心（經濟型旋鈕式離心機 DSC-156T，轉速 2 離心 10 分鐘），測量乳化層體積  $V_2$ 。**乳化安定性** $=V_2/V_1*100\%$ （參考徐永鑫等人“不同種類油脂對食品乳化系統安定性之影響”）

#### 結果：

表 7 香蕉皮萃取物乳化效果


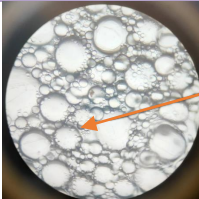
| 照片<br>乳化效果       | 項次 | 乳化物照片   | 顯微鏡圖<br>(放大 100 倍)  |
|------------------|----|---|---|
| 乳<br>化<br>效<br>果 |    |  <p>乳化層<br/>萃取液</p> |  <p>乳化物<br/>粒子</p> |

表 8 不同混合比例乳化物安定性測試結果

| 乳化層<br>體積<br>測量項目 | 混合比例 | 1g 萃取液<br>/5g 油 | 2g 萃取液<br>/5g 油 | 3g 萃取液<br>/5g 油 | 4g 果膠液<br>/5g 油 |
|-------------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 乳化起始<br>體積 (mL)   |      | 4.5             | 5.5             | 6.3             | 6.7             |
| 離心後<br>乳化層體積 (mL) |      | 3.9             | 5               | 4.8             | 4.3             |
| 安定性               |      | 86.7%           | 90.9%           | 76.2%           | 64.2%           |

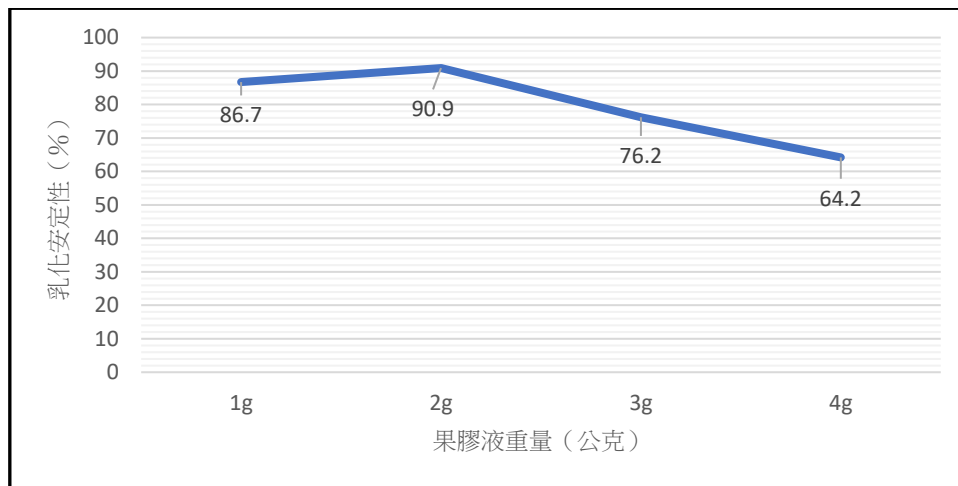


圖 5 5%果膠液乳化安定性測量結果

#### 小結：

- 1、 上層形成乳白色的膠體液，證實香蕉皮萃取物具有乳化力。
- 2、 由膠體液的位置可以得知上層的油層將下層之萃取液包覆，屬於油包水類型 W/O。
- 3、 顯微鏡微觀圖可見中間大顆的萃取物被細小的油滴包覆
- 4、 透過顯微鏡尺標換算萃取物乳化後的粒徑約在 30-40  $\mu\text{m}$  之間。（尺標於附件一）
- 5、 由乳化安定性測試可以知道以 5g 油脂可乳化 5%萃取液最大量約 2 公克，乳化安定性最好。

#### 實驗三之二：香蕉皮萃取物的凝膠性質

##### 前言：

果膠有兩種不同的凝膠機制，高甲氧基果膠要在低 pH 值和高糖濃度中才能形成凝膠，一般要求果膠含量<1%、蔗糖濃度 58%~75%、pH2.8~3.5；低甲氧基果膠則要在含有鈣、鎂離子的情況下才會凝膠，所以我們用香蕉皮萃取物進行兩種凝膠機制的測試，看看香蕉皮萃取物的果膠成份是高甲氧基果膠還是低甲氧基果膠？

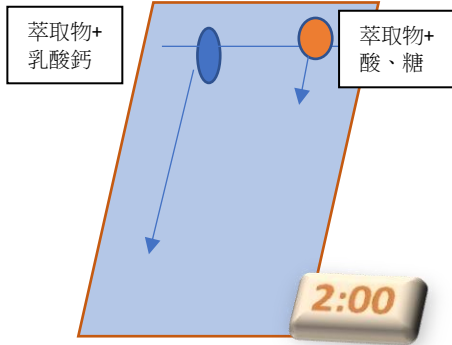
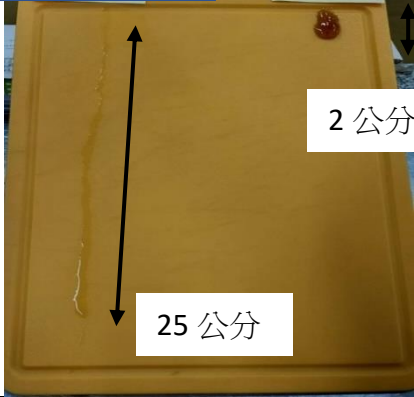
##### 實驗步驟：

- 1、 取 0.5 公克的萃取物加入 1M 檸檬酸溶液 45 公克及 32 公克的糖，充份攪拌溶解，加熱至沸騰，慢慢小火加熱濃縮到 30ml 左右。
- 2、 冷卻靜置後，放進冰箱冰，隔天觀察是否含有高甲氧基果膠的凝膠特性。
- 3、 調配 5%的萃取物水溶液及 5%的乳酸鈣水溶液，觀察是否含有低甲氧基果膠的凝膠特性。



結果：

表 9 香蕉皮萃取物凝膠測試結果

| 照片及<br>示意圖<br>說明 | 項次 | 低甲氧基果膠<br>高甲氧基果膠<br>凝膠測試  | 示意圖   |
|------------------|----|---|---|
| 凝膠下滑測試           |    | 萃取物+乳酸鈣      萃取物+酸、糖  |  |
| 說明               |    |  |   |
|                  |    | 1、萃取物+乳酸鈣混合物 2 分鐘下滑距離長，無凝膠現象<br>2、萃取物+糖+酸混合物呈凝膠狀，在傾斜板面不易滑動                        |   |

小結：

- 1、由實驗結果發現香蕉皮萃取物在酸及糖的環境下會形成凝膠，在乳酸鈣中無法形成凝膠。
- 2、證實香蕉皮萃取物含有果膠，果膠成份以高甲氧基果膠為主，如果要利用香蕉皮萃取物的凝膠特性，可以調配萃取物與高濃度的糖及酸，一起加熱濃縮，冷卻後即可得到凝膠。

#### 實驗四：香蕉皮萃取物對麵團性質的影響

##### 實驗四之一：香蕉皮萃取物對麵團發酵速率之影響

前言：酵母菌可以將葡萄糖代謝後，產生二氧化碳與乙醇，反應式如圖 6，乙醇在加熱過程會蒸發，麵筋包覆二氧化碳，使麵團膨脹，造成烘烤後體積膨脹。在麵團裡添加香蕉皮萃取物對酵母菌發酵會有什麼影響呢？

### 麵包酵母的發酵

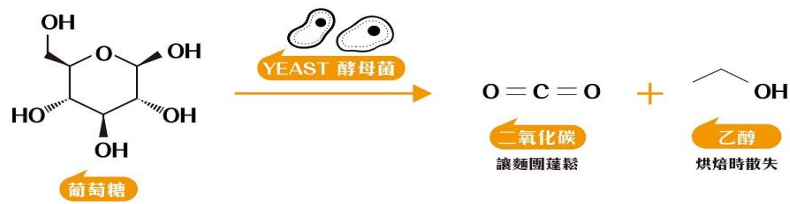


圖 6 酵母菌發酵原理 (參考自科學人：讓人類愛上的發酵食品-麵包 2019/07/15)

### 實驗步驟：

#### 高糖酵母組：

- 1、100mL 的燒杯中秤取麵粉 10 公克、1 公克高糖酵母菌、20 公克的 5% 萃取物水溶液，攪拌混合，記錄麵糊的高度 (mm)。
- 2、重複步驟 1，調配不同萃取物濃度之麵糊，改變萃取物濃度為 10%、15%、20%。
- 3、每 5 分鐘量測麵糊高度 (mm)，並紀錄至 20 分鐘。
- 4、換算麵團體積膨脹率， $\text{體積膨脹率} = (H_2 - H_1) / H_1 * 100\%$ 。

#### 低糖酵母組：

- 1、100mL 的燒杯中秤取麵粉 10 公克、1 公克低糖酵母菌、20 公克的 5% 萃取物水溶液，攪拌混合，記錄麵糊的高度  $H_1$  (mm)。
- 2、重複步驟 1，調配不同萃取物濃度之麵糊，改變萃取物濃度為 2%、3%、4%。
- 3、每 5 分鐘量測麵糊高度  $H_2$  (mm)，並紀錄至 20 分鐘。
- 4、換算麵團體積膨脹率， $\text{體積膨脹率} = (H_2 - H_1) / H_1 * 100\%$ 。

### 結果

表 10 高糖酵母麵團體積膨脹率

| 體積<br>膨脹率<br>時間 | 萃取物濃度 | 對照組  | 萃取物 5% | 萃取物 10% | 萃取物 15% | 萃取物 20% |
|-----------------|-------|------|--------|---------|---------|---------|
| 5 分鐘            |       | 0.0  | 6.3    | 18.8    | 18.8    | 0.0     |
| 10 分鐘           |       | 6.3  | 37.5   | 50.0    | 43.8    | 12.5    |
| 15 分鐘           |       | 31.3 | 75.0   | 87.5    | 81.3    | 31.3    |

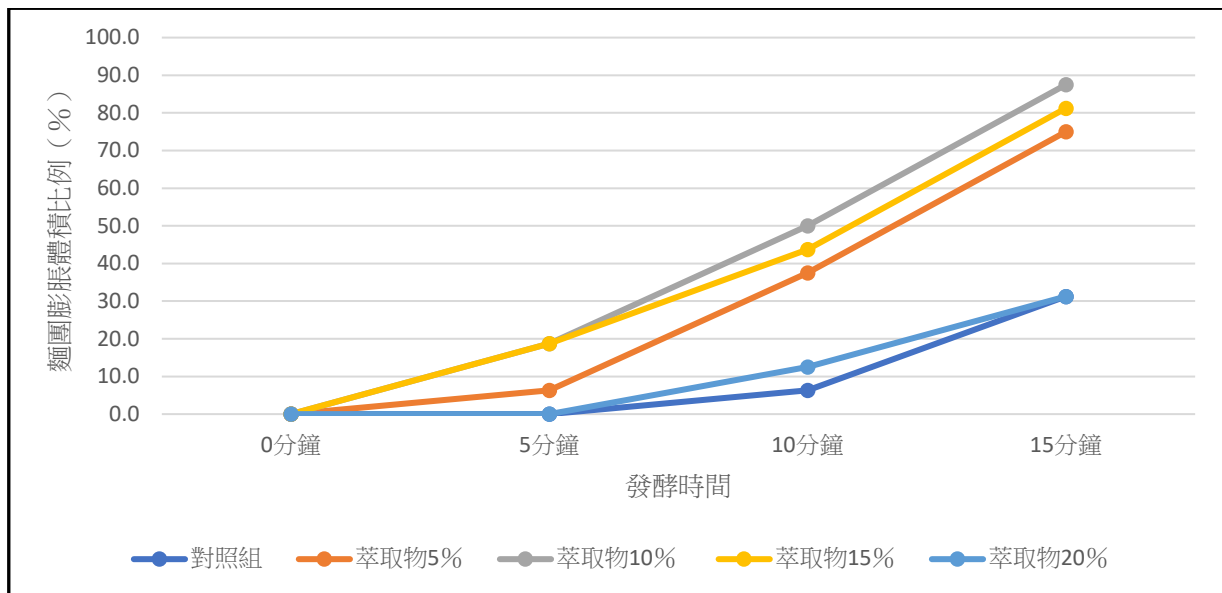


圖 6 高糖酵母麵團體積膨脹率

表 11 低糖酵母麵團體積膨脹率

| 體積膨脹率<br>時間 | 萃取物濃度 | 對照組   | 萃取物 2% | 萃取物 3% | 萃取物 4% | 萃取物 5% |
|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 5 分鐘        |       | 47.6  | 47.6   | 28.6   | 14.3   | 14.3   |
| 10 分鐘       |       | 119.0 | 109.5  | 61.9   | 42.9   | 33.3   |
| 15 分鐘       |       | 128.6 | 123.8  | 66.7   | 52.4   | 47.6   |

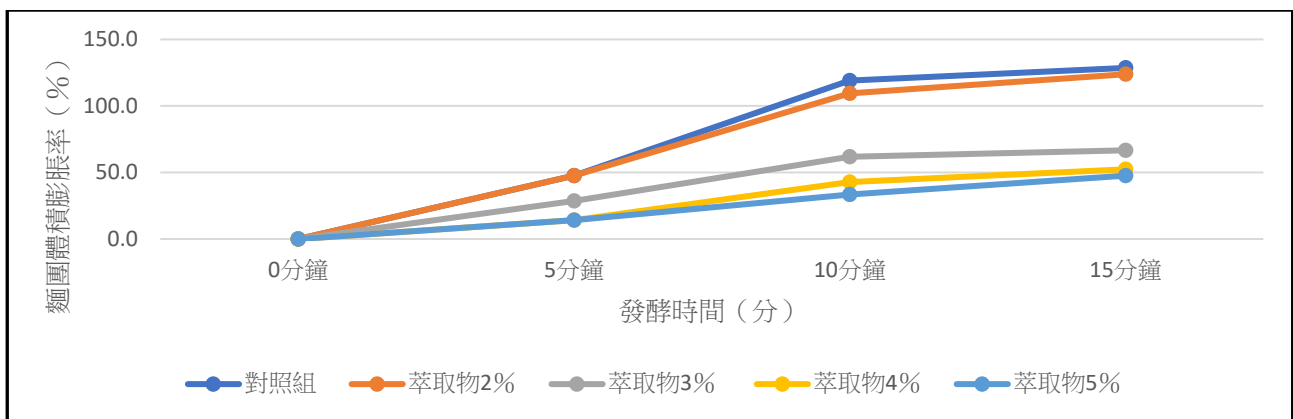


圖 7 低糖酵母麵團體積膨脹率

**結果：**

- 1、 在高糖酵母麵團中添加香蕉皮萃取物，可以加速酵母菌發酵，其中以萃取物濃度 10%效果最好。
- 2、 在低糖酵母麵團中添加香蕉皮萃取物，會延緩酵母菌發酵，其中以萃取物濃度 5% 的延緩效果最明顯。適合用在需要長時間發酵的麵包種類。

## 實驗四之二：添加香蕉皮萃取物對麵團延展性的影響

### 實驗步驟：

- 1、依麵團製作流程攪打完成。
- 2、將麵團稱取約 5 公克，打成薄膜，每組至少 3 次。
- 3、計算單位面積薄膜重（漱口杯面積  $12.56\text{cm}^2$ ）

### 結果：

表 12 不同添加物之麵團延展性

| 薄膜重量<br>(g) | 次序 | 漱口杯薄膜重 (g) |      |      |      | 單位面積薄膜重<br>( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) |
|-------------|----|------------|------|------|------|--|
|             |    | 第一次        | 第二次  | 第三次  | 平均   |  |
| 添加物         |    |            |      |      |      |  |
| 對照組         |    | 0.48       | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 39.28                                  |
| 萃取物 0.3%    |    | 0.45       | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 37.30                                  |
| 萃取物 0.5%    |    | 0.46       | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 35.83                                  |

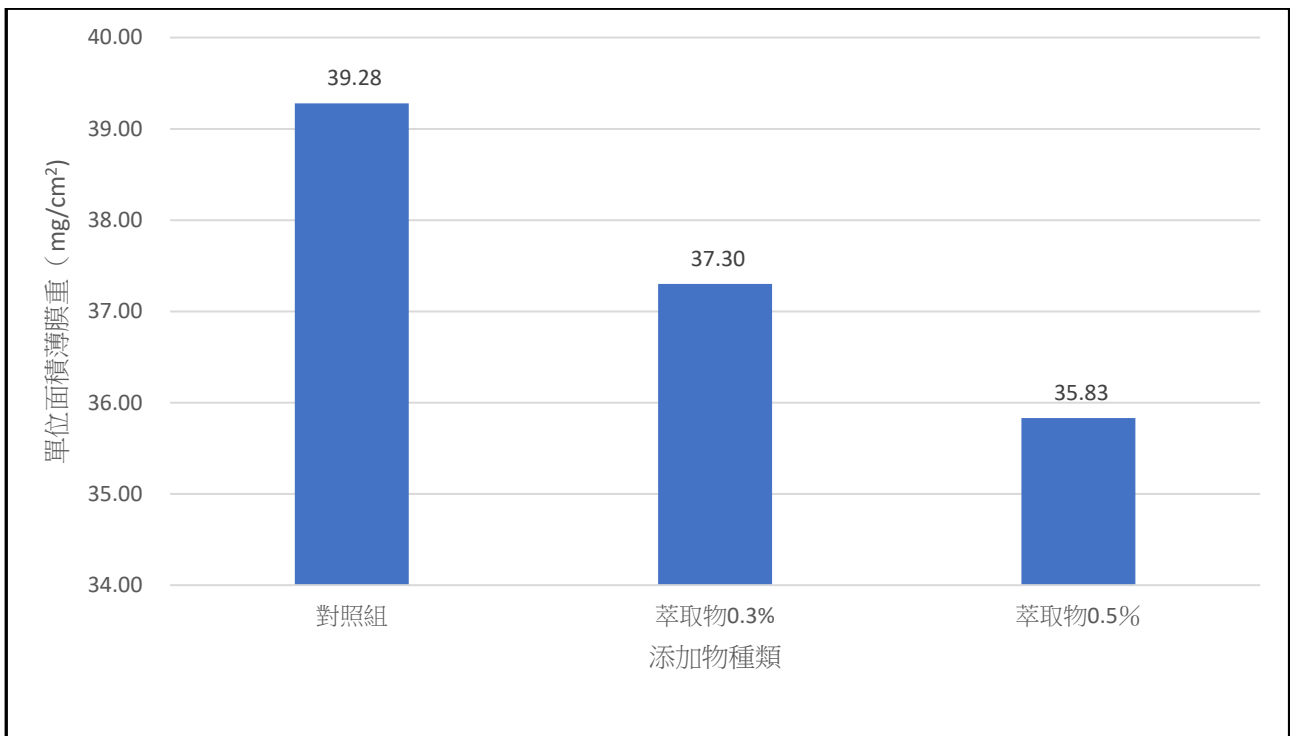


圖 8 不同添加物之麵團延展性

### 小結：

- 1、添加香蕉皮萃取物可以使麵團延展性變好，萃取物 0.5% 可拉出的薄膜單位面積重量最小，對照組的薄膜單位面積重量最大。

## 實驗五：香蕉皮萃取物對吐司成品性質的影響

### 實驗五之一：探討香蕉皮萃取物對吐司燒減率的影響

前言：麵團經過烘烤過程，會造成水份流失，由吐司麵團烘烤後，水份流失減輕的重量可計算出燒減率，燒減率越高，吐司含水量較低，口感會偏乾。一般麵包或不帶蓋吐司的燒減率約在 15-25%左右，帶蓋吐司燒減率低於 15%。

#### 實驗步驟：

- 1、將打好麵團置入量杯內進行第一次發酵，發酵到原來體積的 2 倍後，分割每個 70 公克的麵團，滾圓後，放進吐司模內發酵到 7 分滿。
- 2、烤箱 180°C 預熱後，放進二次發酵完成的麵團 3 個，烘烤 30 分鐘。
- 3、取出置涼後，秤量吐司成品的重量。並計算出吐司的平均燒減率。

#### 結果：

表 13 不同添加物做出吐司之燒減率 (N=3)

| 燒減率 / 次序 / 添加物配方 | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均燒減率 (%) |
|------------------|------|------|------|-----------|
| 對照組              | 13.0 | 13.2 | 13.1 | 13.1      |
| 萃取物 0.3%         | 12.9 | 12.5 | 12.4 | 12.6      |
| 萃取物 0.5%         | 11.0 | 11.4 | 11.3 | 11.2      |

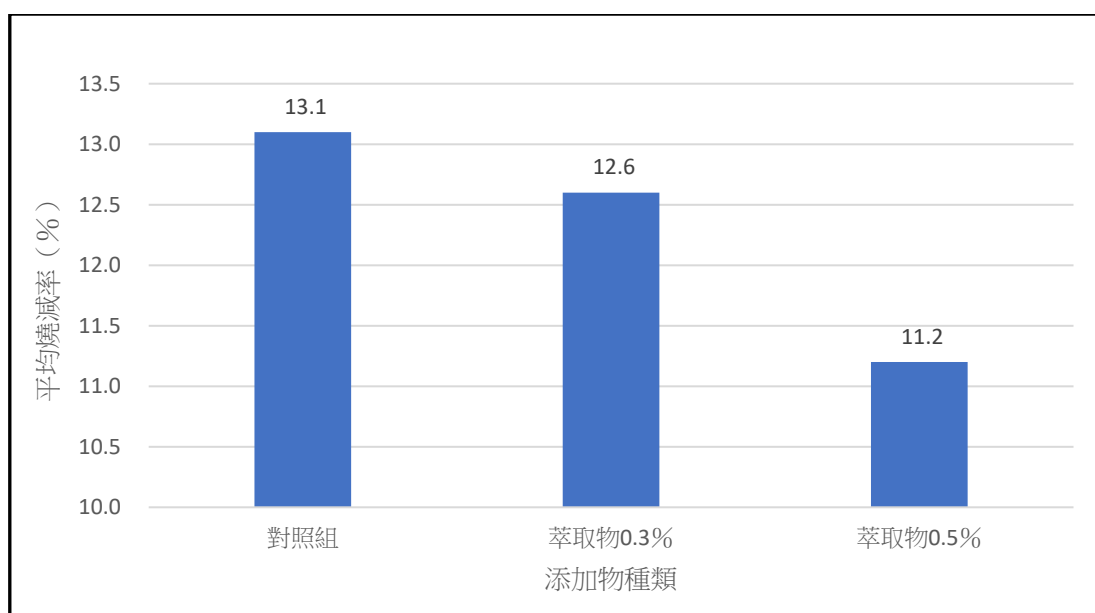


圖 9 不同添加物做出吐司之燒減率

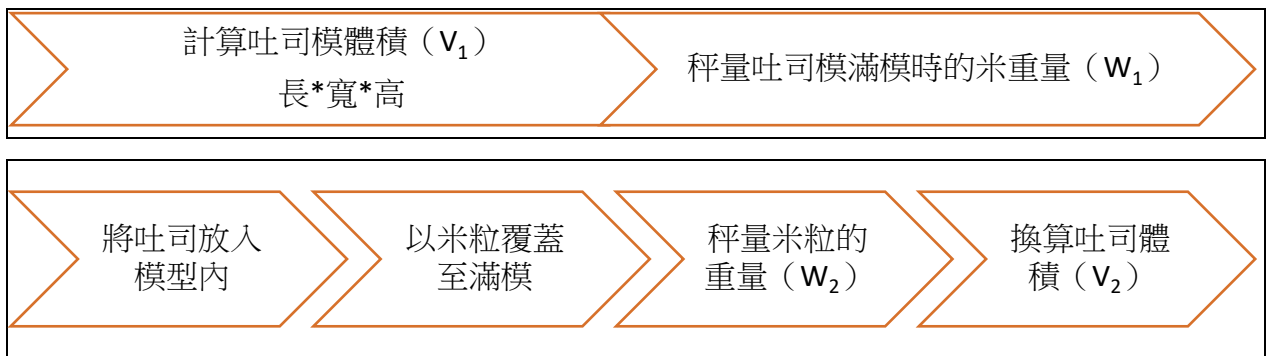
小結：

- 1、由實驗發現添加香蕉皮萃取物可以使吐司燒減率變小，代表吐司保水性好。烘烤後的燒減率由大到小分別為對照組 > 萃取物 0.3% > 萃取物 0.5%。

實驗五之二：探討香蕉皮萃取物對吐司燒比重的影響

實驗步驟：

- 1、將烤好的吐司取出，秤吐司成品重量。
- 2、以米粒置換法求得吐司的平均體積，計算出吐司的比重。



計算式： $V_2 = V_1(W_1 - W_2) / W_1$

表 14 不同添加物做出吐司之比重 (N=3)

| 比重<br>添加物 | 次序 | 第一次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 第二次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 第三次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 吐司比重<br>平均值(g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 對照組       |    | 0.22                          | 0.22                          | 0.22                          | 0.22                            |
| 萃取物 0.3%  |    | 0.20                          | 0.20                          | 0.20                          | 0.20                            |
| 萃取物 0.5%  |    | 0.19                          | 0.18                          | 0.19                          | 0.19                            |

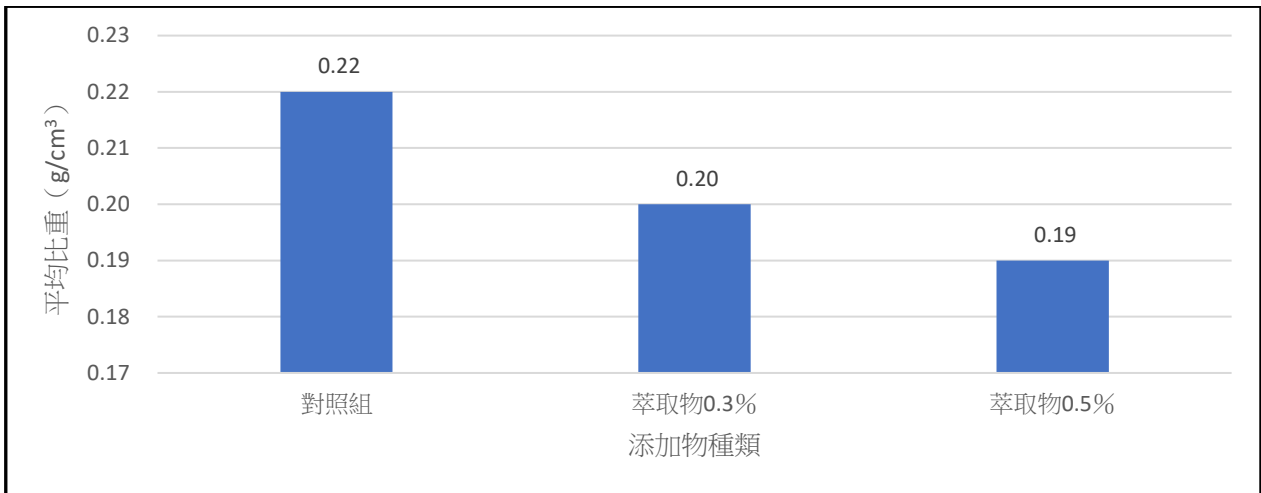


圖 10 不同添加物做出吐司之比重

小結：

- 1、由實驗可知添加香蕉皮萃取物可以得到比重較小的吐司成品。
- 2、添加香蕉皮萃取物越多，吐司比重越小，代表吐司越膨鬆。

**實驗五之三：香蕉皮萃取物對吐司老化情形的影響**

實驗步驟：

- 1、將烘焙完成的吐司成品去除四周圍的結皮部份，留下中間吐司結構。
- 2、將吐司置於常溫中，測量保存三天的回彈率。（每組測 3-5 組數據）
- 3、先測量吐司高度，以 300 公克重物壓 2 分鐘後，取下重物，2 分鐘後，再測量吐司高度。
- 4、計算平均回彈率並討論之。

結果：

表 15 不同添加物吐司回彈率 (N=3)

| 平均回彈率<br>添加物 | 保存天數  |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|
|              | 第一天   | 第二天   | 第三天   |
| 對照組          | 95.8% | 94.9% | 93.5% |
| 萃取物 0.3%     | 97.1% | 95.2% | 94.6% |
| 萃取物 0.5%     | 97.7% | 95.9% | 94.9% |

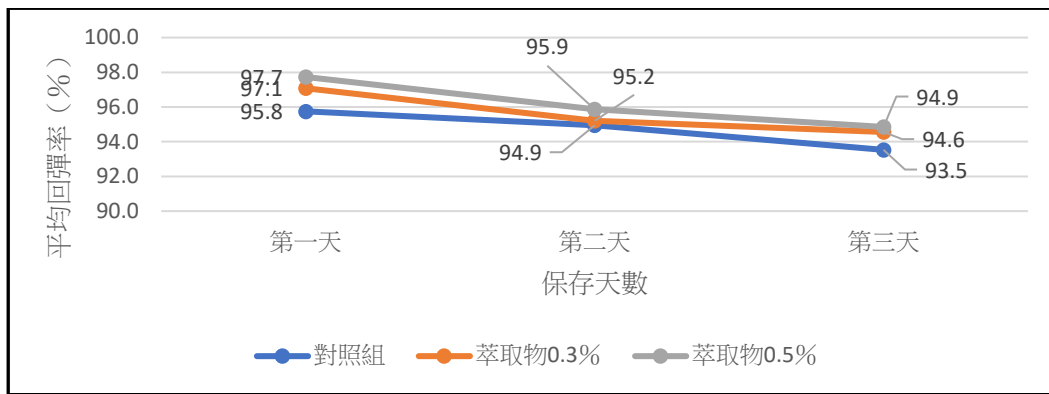


圖 11 不同添加物吐司回彈率

#### 小結：

- 1、添加香蕉皮萃取物的吐司回彈率優於未添加的對照組，添加量越多，吐司的回彈率越好。
- 2、由實驗發現三組配方的吐司第一天出爐時回彈率最佳，存放越多天，吐司發生老化現象，回彈率都會變差。
- 3、三天後每組添加物做出的吐司回彈率都下降，第三天回彈率還是以添加萃取物 0.5% 最好，對照組最差，顯示香蕉皮萃取物具有延緩吐司老化的效果。

## 陸、討論

- 一、香蕉皮取下後，容易變黑，是一種褐變反應，香蕉皮中有一種稱為「多酚氧化酶」的生物酵素，這種酵素需要在有氧的條件下才會起作用。所以當香蕉皮暴露在空氣中時，就容易產生作用而變黑，浸泡在水、鹽水、糖水、小蘇打無法抑制此反應，黃色外皮部份變黑明顯；但在酸性檸檬酸溶液中，可以抑制香蕉皮變黑的反應。
- 二、冷凍保存香蕉皮，雖然會讓香蕉皮變黑，但果膠存在細胞壁中，透過冷凍後的冰晶可加速打破細胞壁，使果膠物質溶解出來，實驗發現冷凍變黑的香蕉皮可以萃取出果膠比新鮮香蕉皮高很多，代表如果在香蕉生產過剩，或是加工後剩餘大量香蕉皮時，只要用冷凍方式保存原料，不僅輕易解決原料保存的問題，也可大幅提高萃取物的產率，有利於大量生產香蕉皮果膠的機會。
- 三、將果膠萃取方式由傳統熱水浸提法改為微波萃取方式，具有以下優點，使用微波萃取法快速而且省能源，產率大幅提高；但微波萃取時，要短時間分次累積總微波時間，例如本實驗微波 10 分鐘，每次微波 1 分鐘，取出充份攪拌後，再繼續微波，這樣可避免萃取溶劑急速沸騰或蒸發，進而影響萃取物的溶解量。
- 四、果膠具有乳化能力，為了確認萃取物是否為果膠，以萃取液和油脂進行充份混合，實驗



發現萃取物溶液可與油脂形成在上層的乳化物，由此判斷萃取物具有乳化能力，及乳化類型是屬於油包水類型。

- 五、凝膠性也是判斷萃取物是否含有果膠成份的方法之一，但依不同酯化度，形成凝膠的機制是有差別的；含有高甲氧基果膠要在低 pH 值和高糖濃度中才能形成凝膠，一般要求果膠含量 $<1\%$ 、蔗糖濃度  $58\% \sim 75\%$ 、 $\text{pH} 2.8 \sim 3.5$ 。含有低甲氧基果膠則要在含有鈣、鎂離子的情況下才會凝膠，例如：愛玉子，本研究利用凝膠測試，結果發現從香蕉皮中萃取出果膠是屬於高甲氧基果膠，可做為未來如果有要利用香蕉皮萃取物的凝膠特性時參考。
- 六、做麵包時，使用的酵母菌必需要藉由糖份維生。經代謝後生成二氧化碳和酒精，麵粉在製作過程有一些破損的澱粉，破損澱粉溶於水中會釋放出澱粉內部含有的澱粉酵素，將澱粉轉化形成糖類供酵母食用。澱粉的水解程度與酵母產氣速度決定每一種烘焙產品的風味，對高糖酵母麵團而言，添加物可以加速澱粉水解及產氣，所以適合快速發酵的麵團，可以減少麵包製作的時間，對烘焙業者而言，可以提高麵包的產量，創造更多利潤。
- 七、如果使用低糖酵母麵團，添加香蕉皮萃取物反而使麵團產氣速度變慢，有些麵團配方會利用隔夜老麵或中種麵團來使烘焙成品保濕性好，延緩老化現象。這種需要低溫長時間發酵的麵團，在冰箱中如果發酵速度過快，會導致酒精濃度提高，進而影到烘焙成品的風味，所以使用香蕉皮萃取物搭配低糖酵母菌可以減少過度發酵的情形出現。
- 八、乳化劑能與麵筋蛋白互相作用而形成複合物。乳化劑的親水基與麥膠蛋白結合，親油基與麥穀蛋白結合，使麵筋蛋白分子互相連接起來，由小分子變成大分子，形成結構牢固細密的麵筋網路。研究結果證實添加萃取物可以讓麵團延展性變好，可拉出透光性佳的薄膜，顯示香蕉皮萃取物有麵包乳化劑的功能，因此可以用來替代市售乳化劑。
- 九、吐司出爐後，會慢慢變乾變硬，造成口感有差異。糊化後的澱粉內部水分會因為氫鍵形成，導致水分被排出，使吐司產生老化現象，添加香蕉皮萃取物可以延緩吐司老化，因為萃取物的乳化特性，會包覆澱粉顆粒，使水份不易排出，進而延緩吐司老化。

## 柒、結論

本研究主要目的是想從香蕉皮中萃取出果膠，用來取代麵包中的人工乳化劑，改善烘焙麵團的物質。由實驗結果發現以下幾點：

- 一、香蕉皮可以透過冷凍方式輕易保存，更可大幅提高萃取物產率。

- 二、微波酸萃取方法在 700W，檸檬酸濃度 2M 條件下可以得到的萃取物產率約 17.7%。
- 三、香蕉皮萃取物具有乳化能力及凝膠能力，與油脂產生乳化效果，其中以 2ml/5ml 油脂的乳化安定性最佳。在酸及高糖濃度下具有高甲氧基的凝膠特性。
- 四、添加香蕉皮萃取物可改變麵團的發酵速度。添加香蕉皮萃取物可以使高糖酵母麵團發酵速度加快，縮短發酵時間，但卻會讓低糖酵母麵團發酵速度變慢，適合用在需要長時間發酵麵團種類。
- 五、添加香蕉皮萃取物可以使麵團延展性變好，有利於保存氣體，增加烘烤後成品的體積。
- 六、添加香蕉皮萃取物可以減少出爐吐司的燒減率，加上延展性好的麵團，使吐司體積增加，麵包整體比重值變小，代表吐司濕潤膨鬆。
- 七、添加香蕉皮萃取物可以使吐司經保存數天後，仍有不錯的回彈率，代表有延緩吐司老化的速度。

總結，以微波萃取法可從香蕉皮中得到高產率的果膠，此果膠應用在烘焙麵團中，可改變麵團的發酵速度，增加麵團延展性，提高成品的體積，進而得到比重小的膨鬆吐司，也可延緩吐司老化，拉長保存期間，所以香蕉皮是值得加工利用的。

## 捌、參考資料

### 一、書籍

- 1、傑夫·波特(2017)·廚藝好好玩·新北市：奇光。
- 2、哈洛德·馬基（2015、14 刷）食物與廚藝·麵食·醬料·甜點·飲料·新北市：大家，15-43。
- 3、徐明達(2013)·廚房裡的秘密-飲食的科學及文化·台北市：二魚。

### 二、網路資料

- 1、「果膠」。A+醫學百科。<http://cht.a-hospital.com/w/%E6%9E%9C%E8%83%B6>
- 2、果膠物質。維基百科。<https://www.newton.com.tw/wiki/>
- 3、李熙。（2016 年 07 月 20 日）。【別丟！香蕉皮保健功效是果肉的三倍】。大紀元時報。<https://www.epochtimes.com/b5/16/7/19/n8114568~>
- 4、邱莉燕（2013-10-17）。大江生醫：農業廢品變黃金-由香蕉皮中萃取出快樂的成份。遠見雜誌。<https://www.gvm.com.tw/article/24953>
- 5、香蕉皮受壓會變黑。科技大觀園。<https://scitechvista.nat.gov.tw/>。101/11/23。

- 6、徐永鑫，蔡惠婷，陳姿伶，黃滇鈺。不同種類油脂對食品乳化系統安定性之影響不同種類油脂對食品乳化系統安定性之影響。

<https://core.ac.uk/download/pdf/67497304.pdf>)

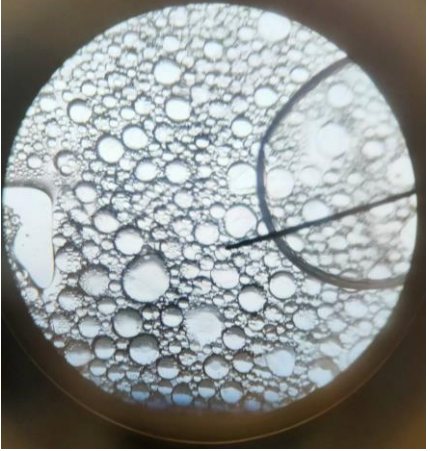
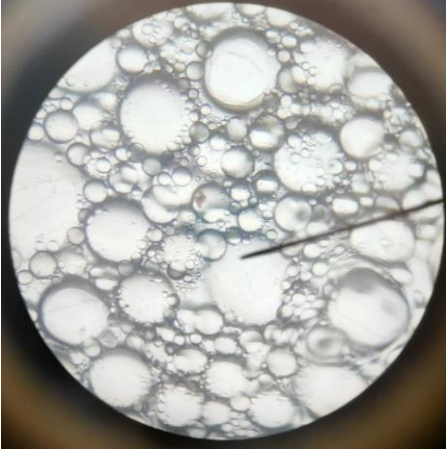
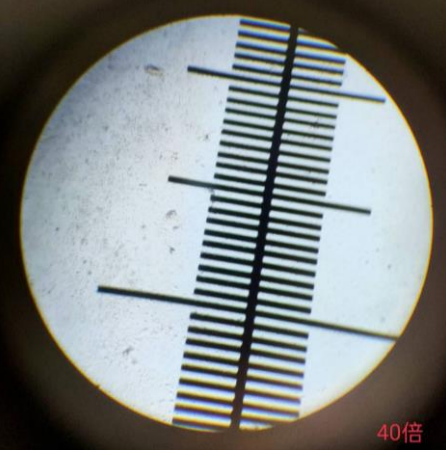
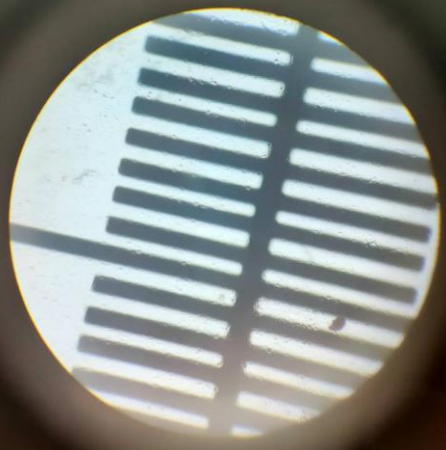
- 7、韋恩（2019/07/15）。讓人類愛上的發酵食品-麵包。科學人。

<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=4385>

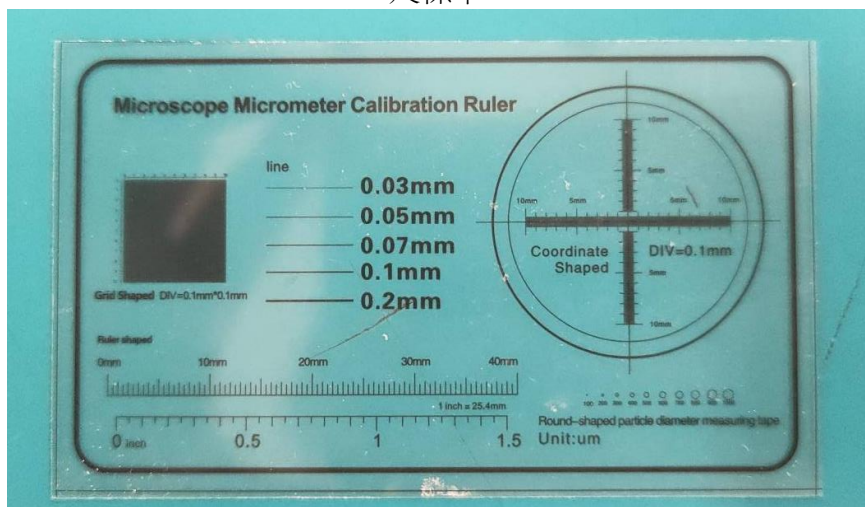
### 三、科展及其他研究資料

- 1、52 屆全國科展。國中組 生活與應用科學科。蕉慮變膠傲。
- 2、第一屆高中職綠色化學(減毒減量)創意競賽。探討果膠最佳製作方法與對重金屬除汙能力。
- 3、58 屆全國科展。高級中等學校組 農業與食品學科。「醬」新獨具 一低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討。

附件一

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| <p>放大圖片</p> | <p>顯微鏡圖 (放大 40 倍)</p>               | <p>顯微鏡圖 (放大 100 倍)</p>            |
|             |  <p>1 格為 10 <math>\mu</math> m</p> |  <p>1 格為 10 <math>\mu</math></p> |

尺標卡



## 【評語】 080213

1. 能將農產品廢棄物「香蕉皮再利用」並取代麵包中的人工乳化劑，為食品健康盡一份力，值得鼓勵。
2. 能將以前相關香蕉皮萃取物的研究內容加以整理比較，使得研究能更為創新成熟。
3. 針對吐司老化速度所設計之實驗-香蕉皮萃取物對吐司老化情形的影響，三組數據差異不大，建議可導入重複數據以判定差異是否在不定的範圍。
4. 實驗五之二：探討香蕉皮萃取物對吐司燒比重的影響實驗以米作為體積量測方法，為何不以水作為媒介而選擇米？其優點為何應說明。
5. 題材與實驗設計均優，材料取得容易，能夠融合科學知識於日常生活。

## 作品海報

# 水乳蕉融 ~

探討香蕉皮萃取物對烘培麵團性質之影響

## 壹、摘要

本研究由香蕉皮在檸檬酸溶液中微波萃取出果膠，希望此果膠可改善烘焙麵團性質，取代人工乳化劑。研究發現以微波萃取法可提高產率約至17.7%；此萃取物被證實具有果膠特質（乳化能力及凝膠特性）。應用在烘焙麵團時，具有調整麵團發酵速度的能力，可加速高糖酵母麵團的發酵速度，節省製作吐司的時間；但對低糖酵母麵團的影響則是延緩發酵速度，適合用在需要長時間發酵的麵團中；萃取物的乳化特性，可強化麵筋結構，使麵團延展性佳，有利保存氣體進而增加吐司體積，也可讓麵團在烘烤過程及吐司保存過程，水分流失較少。總結，添加香蕉皮萃取物可以得到燒減率小，老化速度慢的膨鬆吐司，以香蕉皮萃取出果膠來取代麵包中的人工乳化劑是可行的。

關鍵詞：微波萃取、果膠、乳化

## 貳、研究動機

健康飲食及農產品廢棄物再利用是許多人關注的議題，台灣盛產香蕉，香蕉含有豐富的營養，但丟棄的香蕉皮其實也是營養價值很高的食物，我們進行香蕉皮的成份萃取，目標產物為果膠，以實驗驗證香蕉皮萃取物含有果膠成份的特性（乳化效果及凝膠特性），希望能取代麵包中的人工乳化劑，讓我們不僅找到農產品廢棄物「香蕉皮再利用」的機會，也為落實健康飲食貢獻一些想法。（翰林五下水溶液、康軒六下微生物）

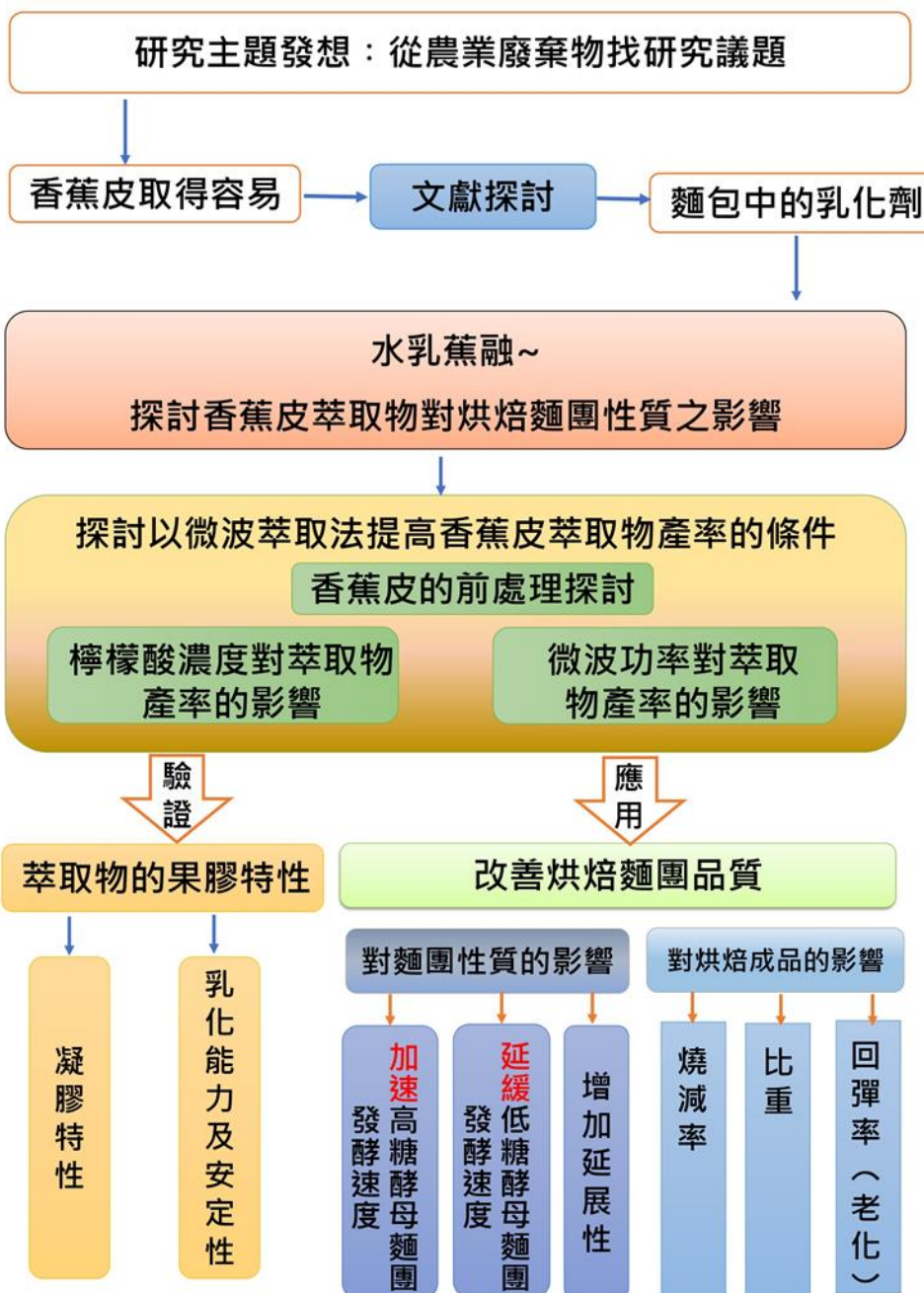
## 參、相關文獻檢討

- 許多研究指出多種水果皮均可萃取出天然果膠，其中以柑橘類果膠產量較多，所以市售果膠大多由柑橘類為主要來源，但柑橘類水果有產季限制，臺灣香蕉產量多，且一年四季都可取得，適合當成產果膠的來源。
- 果膠相關的研究大多探討凝膠特性，較少探討果膠的乳化特性。本研究證實香蕉皮果膠的乳化安定性佳，可當作天然乳化劑，取代人工乳化劑。
- 果膠在食品上的應用，大多依甲酯化程度，採用不同條件進行凝膠。高甲氧基果膠在酸及糖的條件下可做成果醬，低甲氧基果膠可利用鈣離子進行凝膠作用。但本研究主要探討果膠乳化能力，並應用在烘焙產品中。
- 果膠萃取方法大多採用熱水浸提法，較費時，且萃取液量多，要使用的酒精相對也較多；微波萃取法只要找到適合的功率及條件，即可節省能源及酒精，降低萃取果膠所需的成本及時間，又可以大大提高產率，值得採用。

## 肆、研究目的

- 探討以微波萃取法提高香蕉皮萃取物產率的條件
- 以實驗驗證香蕉皮萃取物的果膠特性
  - 探討香蕉皮萃取物的乳化性質
  - 探討香蕉皮萃取物的凝膠性質
- 探討添加香蕉皮萃取物對烘焙麵團性質的影響
  - 添加香蕉皮萃取物對麵團發酵情形的影響
  - 添加香蕉皮萃取物對麵團延展性的影響
- 探討添加香蕉皮萃取物對烘焙成品性質的影響
  - 添加香蕉皮萃取物對吐司成品燒減率的影響
  - 添加香蕉皮萃取物對吐司成品比重的影響
  - 添加香蕉皮萃取物對吐司成品老化的影響

## 伍、研究發想與架構



## 陸、研究方法與結果

### 實驗1：香蕉皮前處理方式及對萃取率的影響

#### 實驗1-1：如何讓香蕉皮不變黑

表1：浸泡在不同液體的香蕉皮變黑情形

| 浸泡液     | 冷水 | 5%鹽水  | 5%糖水  | 5%小蘇打  | 5%檸檬酸  |
|---------|----|-------|-------|--------|--------|
| 項目      |    |       |       |        |        |
| 保存1天後照片 |    |       |       |        |        |
| 結果      | 變黑 | 變黑    | 變黑    | 變黑     | 未變黑    |
| 浸泡液     | 熱水 | 10%鹽水 | 10%糖水 | 10%小蘇打 | 10%檸檬酸 |
| 保存1天後照片 |    |       |       |        |        |
| 結果      | 變黑 | 變黑    | 變黑    | 變黑     | 未變黑    |

表2：存放在冰箱及冷凍庫中香蕉皮變黑情形

| 浸泡液     | 室溫 (對照組) | 冷藏 | 冷凍 |
|---------|----------|----|----|
| 項目      |          |    |    |
| 保存1天後照片 |          |    |    |
| 結果      | 變黑       | 變黑 | 變黑 |

#### 小結：

- 實驗發現泡在冷水、熱水中的香蕉皮會變黑。
- 泡在不同濃的鹽水、糖水及小蘇打水中，香蕉皮變黑情形明顯。
- 浸泡在不同濃度的檸檬酸溶液中的香蕉皮未明顯變黑，可知香蕉皮保存在酸性溶液中，可使香蕉皮顏色不變黑。
- 低溫保存法（冷藏及冷凍）都無法阻止香蕉皮變黑。

### 實驗1-2：新鮮、冷凍香蕉皮對萃取物產率的影響

#### 前言：

如果要大量萃取香蕉皮，需要大量的前處理過程及浸泡保存，會阻礙香蕉皮被利用的機會，冷凍是一般保存食物避免腐爛常用的方法，所以我們想如果冷凍且已經變黑的香蕉皮與新鮮香蕉皮萃取出物質是否有差異呢？

#### ◆ 熱水浸提法（香蕉皮:檸檬酸溶液重量比1:8）



#### 結果：

表3：新鮮、冷凍香蕉皮萃取產率

| 次序     | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均產率 (%) |
|--------|-----|-----|-----|----------|
| 新鮮香蕉皮  | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.0      |
| 冷凍後香蕉皮 | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.7      |

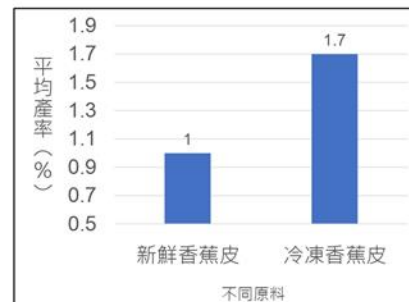


圖1：新鮮、冷凍香蕉皮萃取產率

#### 小結：

- 冷凍變黑的香蕉皮與新鮮香蕉皮以相同萃取條件進行熱水浸提120分鐘，新鮮香蕉皮得到萃取液顏色較淺，萃取物的產率低。冷凍的香蕉皮雖然顏色變黑，萃取液色澤較深，但產率較高。
- 若要大量生產香蕉皮果膠，取得香蕉皮後只要用冷凍方式就可保存，而且保存方式又可以提高產率，這點可以吸引業者大量進行香蕉皮萃取。

### 實驗2：探討提高微波萃取香蕉皮萃取物產率的條件

#### 實驗2-1：探討檸檬酸濃度對微波萃取香蕉皮產率的影響

#### ◆ 微波萃取法（香蕉皮:檸檬酸溶液重量比1:4）



表4：不同檸檬酸濃度得到的香蕉皮萃取物產率

| 次序   | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均產率 |
|------|------|------|------|------|
| 產率   |      |      |      |      |
| 濃度   |      |      |      |      |
| 0.5M | 1.7  | 1.6  | 1.6  | 1.6  |
| 1M   | 2.2  | 2.3  | 2.1  | 2.2  |
| 2M   | 7.7  | 8.4  | 7.9  | 8.0  |
| 3M   | 12.5 | 11.9 | 12.0 | 12.1 |

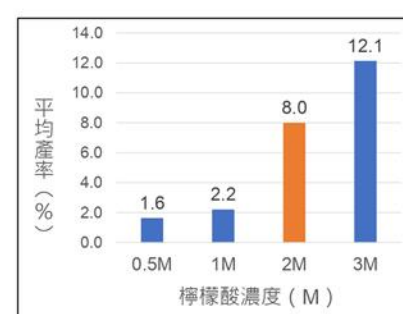


圖2：不同檸檬酸濃度得到的香蕉皮萃取物產率

#### 小結：

- 由實驗結果發現以500W功率進行香蕉皮萃取，在萃取液比為1:4時，當檸檬酸的濃度越高，萃取出來的物質產率越高。
- 以500W的微波功率，微波10分鐘，當檸檬酸濃度為3M時，萃取物進行一次酒精純化時，膠狀物質內包含許多檸檬酸，烘乾後有檸檬酸結晶，需要經過3次95%的酒精純化，耗費酒精較多。
- 綜合上面描述，本研究以下實驗檸檬酸濃度以2M為實驗條件。



## 實驗2-2：探討微波功率對微波萃取香蕉皮萃取物產率的影響

表5：不同微波功率得到的香蕉皮萃取物產率

| 微波功率 | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均產率 (%) |
|------|------|------|------|----------|
| 500W | 7.7  | 8.4  | 7.9  | 8.0      |
| 600W | 15.2 | 14.9 | 14.0 | 14.7     |
| 700W | 17.1 | 17.5 | 18.5 | 17.7     |

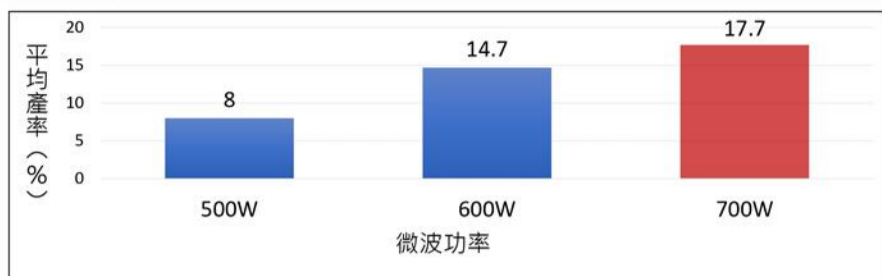


圖3：不同微波功率萃取之香蕉皮萃取物產率

### 小結：

- 1、從上述實驗圖表得知：微波加熱功率越大，香蕉皮萃取物的產率隨之提高。
- 2、提高單位時間的熱量可以萃取出更多香蕉皮內的物質。
- 3、以2M的檸檬酸進行萃取時，微波功率700W，可以溶解出水溶性的物質越多，產率可達17.7%。

## 實驗3：驗證香蕉皮萃取物的果膠特性

### 實驗3-1：驗證香蕉皮萃取物的乳化性質

表6：香蕉皮萃取物乳化效果

| 照片               | 項次 | 乳化物照片 | 顯微鏡圖 (放大100倍) |
|------------------|----|-------|---------------|
| 乳<br>化<br>效<br>果 |    |       |               |

表7：不同混合比例乳化物安定性測試結果

| 混合比例                           | 1g 萃取液 /5g 油 | 2g 萃取液 /5g 油 | 3g 萃取液 /5g 油 | 4g 萃取液 /5g 油 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 乳化層體積                          |              |              |              |              |
| 測量項目                           |              |              |              |              |
| 乳化起始體積 (mL) $V_1$              | 4.5          | 5.5          | 6.3          | 6.7          |
| 離心後乳化層體積 (mL) $V_2$            | 3.9          | 5.0          | 4.8          | 4.3          |
| 安定性 ( $V_2/V_1 \times 100\%$ ) | 86.7%        | 90.9%        | 76.2%        | 64.2%        |

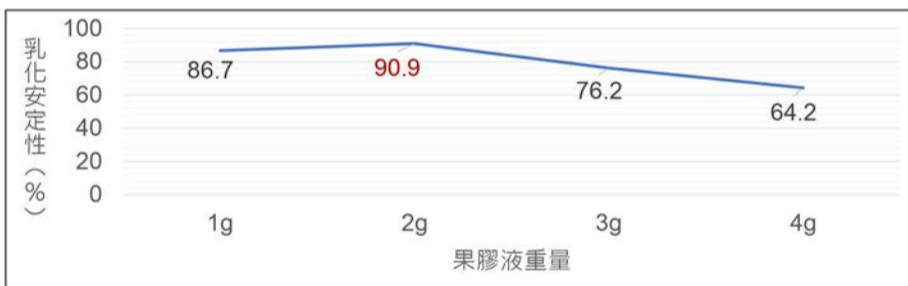


圖4：5%果膠液乳化安定性測量結果

### 小結：

- 1、上層形成乳白色的膠體液，證實香蕉皮萃取物具有乳化力。
- 2、由膠體液的位置可以得知上層的油層將下層之萃取液包覆，屬於油包水類型。
- 3、顯微鏡微觀圖可見中間大顆的萃取物被細小的油滴包覆。
- 4、透過顯微鏡尺標換算萃取物乳化後的粒徑約在30-40 $\mu$ m之間。
- 5、由乳化安定性測試可以知道以5g油脂可乳化5%萃取液最大量約2公克，乳化安定性最好。

### 實驗3-2：香蕉皮萃取物的凝膠性質

表8：香蕉皮萃取物凝膠測試結果

| 照片及示意圖           | 項次 | 低甲氧基果膠<br>高甲氧基果膠<br>凝膠測試                                   | 示意圖 |
|------------------|----|--|-----|
| 下<br>滑<br>測<br>試 |    |  |     |
| 說明               |    | 1、萃取物+乳酸鈣混合物2分鐘下滑距離長，無凝膠現象。<br>2、萃取物+糖+酸混合物呈凝膠狀，在傾斜板面不易滑動。 |     |

### 小結：

- 1、由實驗結果發現香蕉皮萃取物在酸及糖的環境下會形成凝膠，在乳酸鈣中無法形成凝膠。
- 2、證實香蕉皮萃取物含有果膠，果膠成份以高甲氧基果膠為主，如果要利用香蕉皮萃取物的凝膠特性，可以調配萃取物與高濃度的糖及酸，一起加熱濃縮，冷卻後即可得到凝膠。

## 實驗4：香蕉皮萃取物對麵團性質的影響

### 實驗4-1：香蕉皮萃取物對麵團發酵速率之影響

表9高糖酵母麵團體積膨脹率

| 體積膨脹率<br>時間 | 濃度 | 對照組0% | 萃取物5% | 萃取物10% | 萃取物15% | 萃取物20% |
|-------------|----|-------|-------|--------|--------|--------|
| 5分鐘         |    | 0.0   | 6.3   | 18.8   | 18.8   | 0.0    |
| 10分鐘        |    | 6.3   | 37.5  | 50.0   | 43.8   | 12.5   |
| 15分鐘        |    | 31.3  | 75.0  | 87.5   | 81.3   | 31.3   |

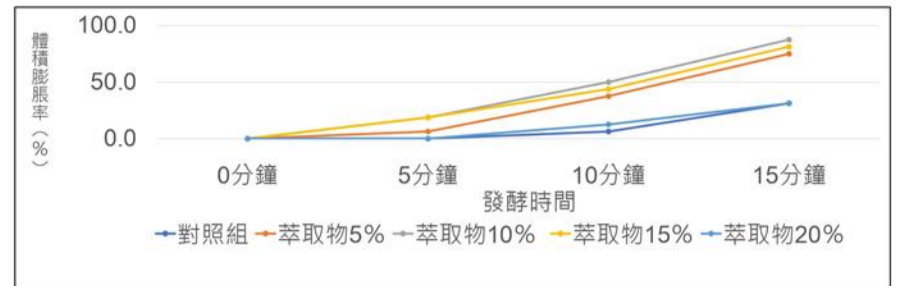


圖5：高糖酵母麵團體積膨脹率

表10低糖酵母麵團體積膨脹率

| 體積膨脹率<br>時間 | 濃度 | 對照組0% | 萃取物2% | 萃取物3% | 萃取物4% | 萃取物5% |
|-------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5分鐘         |    | 47.6  | 47.6  | 28.6  | 14.3  | 14.3  |
| 10分鐘        |    | 119.0 | 109.5 | 61.9  | 42.9  | 33.3  |
| 15分鐘        |    | 128.6 | 123.8 | 66.7  | 52.4  | 47.6  |

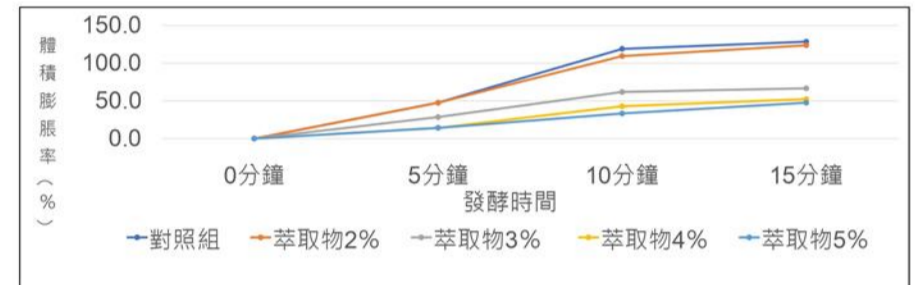


圖6：低糖酵母麵團體積膨脹率

### 小結：

- 1、在高糖酵母麵團中添加香蕉皮萃取物，可以加速酵母菌發酵，其中以萃取物濃度10%效果最好。
- 2、在低糖酵母麵團中添加香蕉皮萃取物，會延緩酵母菌發酵，其中以萃取物濃度5%的延緩效果最明顯。適合用在需要長時間發酵的麵包種類。

### 實驗4-2：添加香蕉皮萃取物對麵團延展性的影響

表11不同添加物之麵團延展性

| 薄膜重     | 次序   |      |      |      | 單位面積薄膜重 (mg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|------|------|------|------|-------------------------------|
|         | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均   |                               |
| 對照組0.0% | 0.48 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 39.28                         |
| 萃取物0.3% | 0.45 | 0.49 | 0.46 | 0.47 | 37.30                         |
| 萃取物0.5% | 0.46 | 0.45 | 0.44 | 0.45 | 35.83                         |

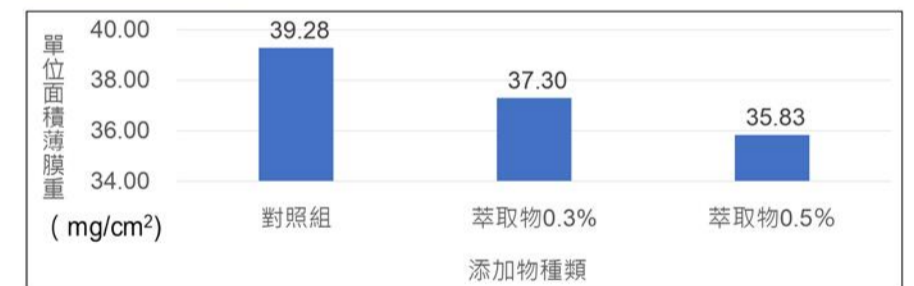


圖7：不同添加物濃度之麵團延展性

小結：添加香蕉皮萃取物可以使麵團延展性變好，萃取物0.5%可拉出的薄膜單位面積重量最小，對照組的薄膜單位面積重量最大。

## 實驗5：香蕉皮萃取物對吐司成品性質的影響

### 實驗5-1：探討香蕉皮萃取物對吐司燒減率的影響

表12不同濃度添加物做出吐司之回彈率 (N=3)

| 燒減率     | 次序 | 第一次  | 第二次  | 第三次  | 平均燒減率 (%) |
|---------|----|------|------|------|-----------|
| 對照組0.0% |    | 13.0 | 13.2 | 13.1 | 13.1      |
| 萃取物0.3% |    | 12.9 | 12.5 | 12.4 | 12.6      |
| 萃取物0.5% |    | 11.0 | 11.4 | 11.3 | 11.2      |

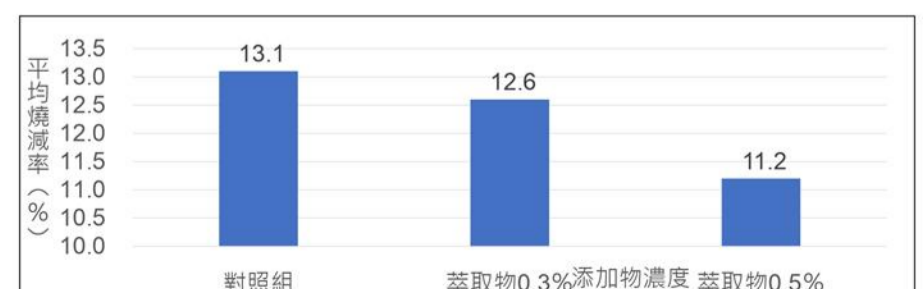


圖8：不同添加物濃度做出吐司之燒減率

小結：由實驗發現添加香蕉皮萃取物可以使吐司燒減率變小，代表吐司保水性好。烘烤後的燒減率由大到小分別為對照組 > 萃取物0.3% > 萃取物0.5%。

## 實驗5-2：探討香蕉皮萃取物對吐司比重的影響



表13不同濃度添加物做出吐司之比重 (N=3)

| 次序<br>比重<br>濃度 | 第一次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 第二次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 第三次<br>比重(g/cm <sup>3</sup> ) | 吐司比重<br>平均值(g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 對照組0%          | 0.22                          | 0.22                          | 0.22                          | 0.22                            |
| 萃取物0.3%        | 0.20                          | 0.20                          | 0.20                          | 0.20                            |
| 萃取物0.5%        | 0.19                          | 0.18                          | 0.19                          | 0.19                            |

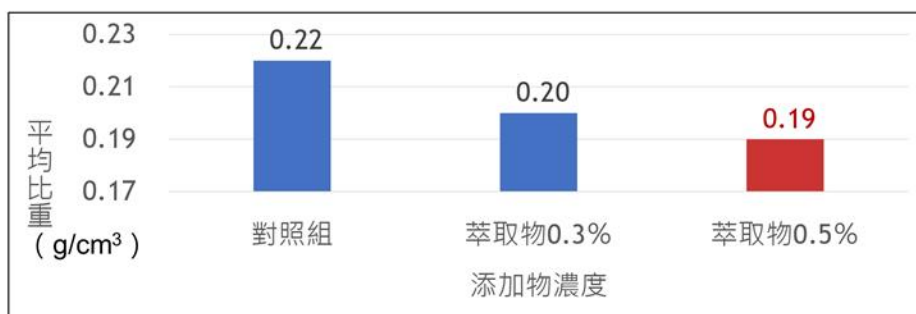


圖9：不同添加物濃度做出吐司之比重

小結：

- 1、由實驗可知添加香蕉皮萃取物可以得到比重較小的吐司成品。
- 2、添加香蕉皮萃取物越多，吐司比重越小，代表吐司越膨鬆。

## 柒、研究方法與結果

- 一、香蕉皮取下後，容易變黑，是一種褐變反應，香蕉皮中有一種稱為「多酚氧化酶」的生物酵素，這種酵素需要在有氧的條件下才會起作用。所以當香蕉皮暴露在空氣中時，就容易產生作用而變黑，浸泡在水、鹽水、糖水、小蘇打水溶液中無法抑制此反應，黃色外皮部份變黑明顯，但在酸性檸檬酸溶液中，可以抑制香蕉皮變黑的反應。
- 二、冷凍保存香蕉皮，雖然會讓香蕉皮變黑，但果膠存在細胞壁中，透過冷凍後的冰晶可加速打破細胞壁，使果膠物質溶解出來，實驗發現冷凍變黑的香蕉皮可以萃取出果膠比新鮮香蕉皮高很多，代表如果在香蕉生產過剩，或是加工後剩餘大量香蕉皮時，只要用冷凍方式保存原料，不僅輕易解決原料保存的問題，也可大幅提高萃取物的產率，有利於大量生產香蕉皮果膠的機會。
- 三、將果膠萃取方式由傳統熱水浸提法改為微波萃取方式，具有以下優點，使用微波萃取法快速而且省能源，產率大幅提高；但微波萃取時，要短時間分次累積總微波時間，例如：本實驗微波10分鐘，每次微波1分鐘，取出充份攪拌後，再繼續微波，這樣可避免萃取劑急速沸騰或蒸發，進而影響萃取物的溶解量。
- 四、果膠具有乳化能力，為了確認萃取物是否為果膠，以萃取液和油脂進行充份混合，實驗發現萃取物溶液可與油脂形成在上層的乳化物，由此判斷萃取物具有乳化能力，及乳化類型是屬於油包水類型。
- 五、凝膠性也是判斷萃取物是否含有果膠成份的方法之一，但依不同酯化度，形成凝膠的機制是有差別的，含有高甲氧基果膠要在低pH值和高糖濃度中才能形成凝膠，一般要求果膠含量<1%、蔗糖濃度58%~75%、pH2.8~3.5。含有低甲氧基果膠則要在含有鈣、鎂離子的情況下才會凝膠，例如：愛玉子，本研究利用凝膠測試，結果發現從香蕉皮中萃取出果膠是屬於高甲氧基果膠，可做為未來如果有要利用香蕉皮萃取物的凝膠特性時參考。
- 六、做麵包時，使用的酵母菌必需要藉由糖份維生。經代謝後生成二氧化碳和酒精，麵粉在製作過程有一些破損的澱粉，破損澱粉溶於水中會釋放出澱粉內部含有的澱粉酵素，將澱粉轉化形成糖類供酵母食用。澱粉的水解程度與酵母產氣速度決定每一種烘焙產品的風味，對高糖酵母麵團而言，添加物可以加速澱粉水解及產氣，所以適合快速發酵的麵團，可以減少麵包製作的時間，對烘焙業者而言，可以提高麵包的產量，創造更多利潤。
- 七、如果使用低糖酵母麵團，添加香蕉皮萃取物反而使麵團產氣速度變慢，有些麵團配方會利用隔夜老麵或中種麵團來使烘焙成品保濕性好，延緩老化現象。這種需要低溫、長時間發酵的麵團，在冰箱中如果發酵速度過快，會導致酒精濃度提高，進而影到烘焙成品的風味，所以使用香蕉皮萃取物搭配低糖酵母菌可以減少過度發酵的情形出現。
- 八、乳化劑能與麵筋蛋白互相作用而形成複合物。乳化劑的親水基與麥膠蛋白結合，親油基與麥穀蛋白結合，使麵筋蛋白分子互相連接起來，由小分子變成大分子，形成結構牢固細密的麵筋網路。研究結果證實添加萃取物可以讓麵團延展性變好，可拉出透光性佳的薄膜，顯示香蕉皮萃取物有麵包乳化劑的功能，因此可以用來替代市售乳化劑。
- 九、吐司出爐後，會慢慢變乾變硬，造成口感有差異。糊化後的澱粉內部水分会因為氫鍵形成，導致水分被排出，使吐司產生老化現象，添加香蕉皮萃取物可以延緩吐司老化，因為萃取物的乳化特性，會包覆澱粉顆粒，使水份不易排出，進而延緩吐司老化。

## 捌、結論

- 一、香蕉皮利用微波萃取在700W，檸檬酸濃度2M條件下可以得到的萃取物產率約17.7%。
- 二、香蕉皮萃取物具有乳化能力及凝膠能力，與油脂產生乳化效果，其中以【2g 5%萃取液/5g油脂】乳化安定性最佳。具有高甲氧基的凝膠特性。
- 三、添加香蕉皮萃取物可改變麵團的發酵速度。添加萃取物可以使高糖酵母麵團發酵速度加快，縮短發酵時間，有利業者提高麵包產量，但萃取物卻會讓低糖酵母麵團發酵速度變慢，適合用在需要長時間發酵麵團種類。
- 四、添加香蕉皮萃取物可以使麵團延展性變好，有利於保存氣體，增加烘烤後成品的體積。
- 五、添加香蕉皮萃取物可以減少出爐吐司的燒減率，加上延展性好的麵團，使吐司體積增加，麵包整體比重值變小，代表吐司濕潤膨鬆。
- 六、添加香蕉皮萃取物可以使吐司經保存數天後，仍有不錯的回彈率，代表有延緩吐司老化的速度。
- 七、總結，以微波萃取法可從香蕉皮中得到高產率的果膠，此果膠應用在烘焙麵團中，可改變麵團的發酵速度，增加麵團延展性，提高成品的體積，進而得到比重小的膨鬆吐司，也可延緩吐司老化，拉長保存期間，所以香蕉皮是值得被加工再利用的。

## 玖、參考資料 (列出部份)

- 一、52屆全國科展。國中組 生活與應用科學科。蕉慮變膠傲。
- 二、第一屆高中職綠色化學(減毒減量)創意競賽。探討果膠最佳製作方法與對重金屬除汙能力。
- 三、58屆全國科展。高級中等學校組 農業與食品學科。「醬」新獨具 - 低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討。
- 四、「果膠」。A+醫學百科。<http://cht.a-hospital.com/w/%E6%9E%9C%E8%83%B6>
- 五、果膠物質。維基百科。<https://www.newton.com.tw/wiki/>

## 實驗5-3：香蕉皮萃取物對吐司老化情形的影響

表14不同濃度添加物做出吐司之比重 (N=3)

| 保存天數<br>平均回彈率<br>濃度 | 第一天   | 第二天   | 第三天   |
|---------------------|-------|-------|-------|
| 對照組0%               | 95.8% | 94.9% | 93.5% |
| 萃取物0.3%             | 97.1% | 95.2% | 94.6% |
| 萃取物0.5%             | 97.7% | 95.9% | 94.9% |

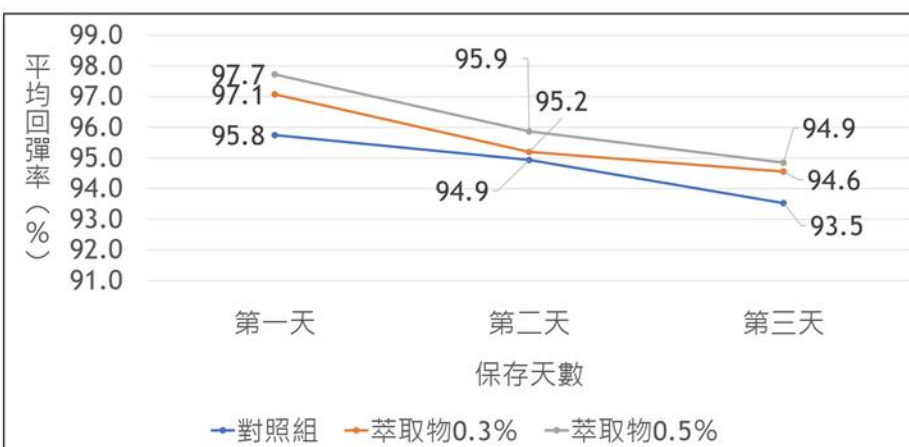


圖10：不同添加物濃度做出吐司之回彈率

- 小結：
- 1、添加香蕉皮萃取物的吐司回彈率優於未添加的對照組，添加量越多，吐司的回彈率越好。
  - 2、由實驗發現三組配方的吐司第一天出爐時回彈率最佳，存放越多天，吐司發生老化現象，回彈率都會變差。
  - 3、三天後每組添加物做出的吐司回彈率都下降，第三天回彈率還是以添加萃取物0.5%最好，對照組最差，顯示香蕉皮萃取物具有延緩吐司老化的效果。