

題目名稱：別再亂丟香蕉皮了，天生我”皮”必有用 - 香蕉皮的抗氧化功效與促進植物生長的能力探討

一、摘要：

香蕉是台灣常見的水果，根據食藥署的食品營養成分資料庫顯示香蕉富含生物成長所需要的碳水化合物、蛋白質、膳食纖維、礦物質(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 等)和維生素(A、D、E、K、C、B群等)是具有經濟效益且高營養價值的水果。據報導指出香蕉果肉具有調節血壓、改善便秘、預防抽筋、抗憂鬱等功效，然而大多數人都忽略了果皮也具有不錯的生物活性，如抗氧化、抗發炎等。因此，本研究萃取不同成熟度的香蕉皮，並比較其抗氧化效果、抗氧化成分差異及蛋白質含量多寡，並進一步設計簡單的綠豆生長試驗，評估香蕉皮萃取物是否有促進植物生長的功效，未來在食用香蕉之餘就可以將果皮作為天然肥料，用於美化植栽或促進農作物生長。

二、探究題目與動機：

隨著香蕉價格的波動，當前一年香蕉價格高漲時，隔年在蕉農大量種植的情況下，經常發生香蕉生產過剩的問題，這時候香蕉價格就會變的一文不值，在香蕉生產過剩的情況下，許多香蕉仍然面臨被丟棄、浪費的窘境，因此開發香蕉除食用以外的附加價值成為幫助蕉農的一大助力，可以大幅妥善利用生產過剩的香蕉。再加上許多農民貪圖方便或成本考量隨意焚燒農廢物造成嚴重的空氣汙染，而且環保意識抬頭，農業廢棄物議題逐漸受到重視，因此我們想要將香蕉皮開發成天然肥料，達到農廢再利用的效果。

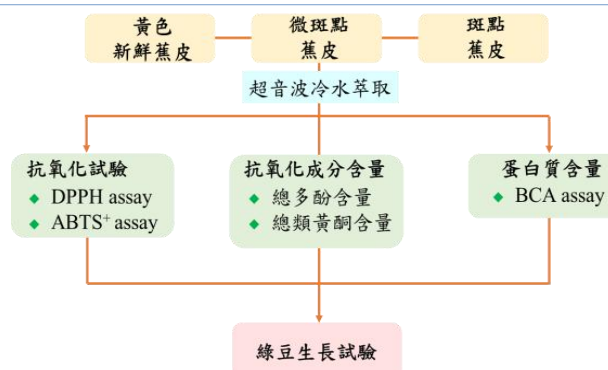
三、探究目的與假設：

我們藉由搜尋網路上的資料，發現香蕉皮具有很高的營養價值，因此，我們認為香蕉皮具有成為農用肥料的潛力，避免遭到浪費。我們的研究目的是為檢測香蕉皮內含的有機物是否可以幫助植物的生長，進而讓植物的成熟期更短，幫助農民取得更好的利潤。故我們假設香蕉皮具有促進植物生長的效用，且不同成熟度香蕉皮的抗氧化能力及總多酚、蛋白質的含量是有所差異的。

四、探究方法與驗證步驟：

(一) 研究方法：

於市場購買多根香蕉後將其分為三個組別，分別為黃色新鮮香蕉、微斑點香蕉(黑點數量約佔表面積 50%)、斑點香蕉(黑點數量約覆蓋>80%表面積)，利用 RO 水以超音波水浴槽萃取，並將萃取液濃縮後冷凍乾燥獲得三種香蕉皮萃取物。另利用分



圖一：實驗架構

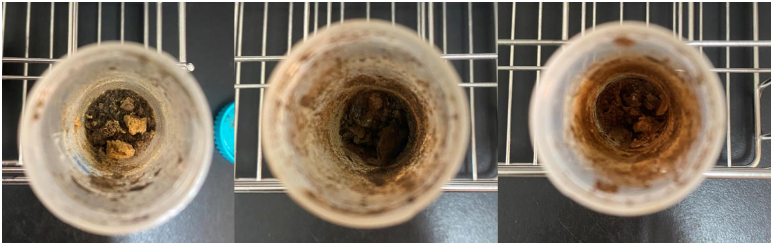
光光度計進行香蕉皮萃取物的抗氧化能力、抗氧化成分以及蛋白質含量的檢測，比較不同成熟度的香蕉皮之差異，最後將萃取物回溶於水中製成簡易水性營養噴霧，以綠豆生長試驗評估其是否具調節植物生長狀況的效用，整體實驗架構如圖一所示。

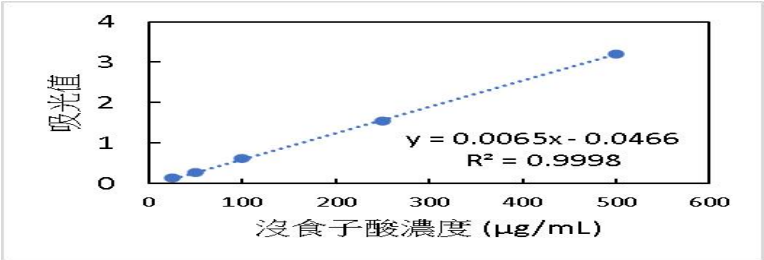
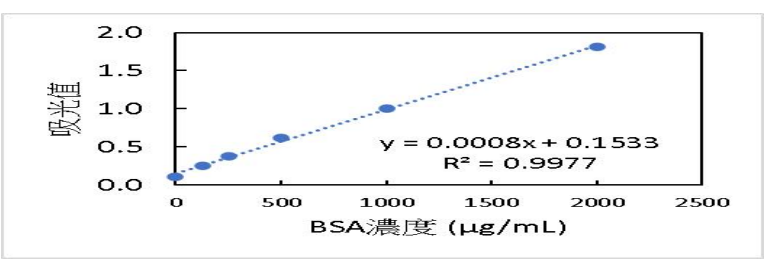

(二) 實驗原理：

實驗原理	實驗內容
分光光度計： 比爾定律 (Beer's Law)	分光光度計主要是利用比爾定律所開發出來的檢測儀器，其利用光學特性來測量帶測物的吸光值。比爾定律是指當光束照射於樣品溶液時，樣品溶液會吸收一部分光能，剩下的光能便會穿透過樣品溶液到達偵測器，因此透射光的強度就會減弱，若樣品的濃度越高，則光強度的減弱愈明顯，以此來檢測在固定光波長下，測量光的吸收度。
DPPH 自由基清除試驗	DPPH 試劑溶解於酒精後為深紫色溶液，經常被用來評估待測物提供氫原子的能力。當待測物具有良好的抗氧化能力時，就能清除 DPPH 自由基，使溶液的顏色會由深紫色變為淡黃色，在波長 517nm 下有最大吸光值，由分光光度計測量所得到的吸光值就會下降。
ABTS 陽離子 自由基清除試驗	ABTS 自由基清除試驗可以用來評估植物或中草藥萃取物、純化合物的總抗氧化能力。其自由基的生成反應是將 ABTS 試劑與硫酸鉀反應，生成藍綠色溶液。當待測物具有良好的抗氧化能力時，就能還原 ABTS 自由基，使溶液的顏色會由藍綠色變為透明無色，在波長 734nm 下有最大吸光值，由分光光度計測量所得到的吸光值就會下降。
總多酚含量測定	利用福林試劑測定萃取物中總多酚含量，福林試劑為黃色溶液，當待測物中含有多酚類化合物時會與試劑反應，使試劑中的鎢鉬酸被還原由黃色溶液轉變為藍色溶液，在波長 765nm 下有最大吸光值，由分光光度計測量所得到的吸光值越大、顏色越深，表示待測物中含有越多多酚化合物。
BCA 蛋白質 含量測定	BCA 蛋白質測定用於定量待測物中的總蛋白質。其原理是蛋白質可以在鹼性環境下將試劑中的 Cu^{2+} 還原為 Cu^{+} ，呈色反應可以觀察到溶液由綠色轉為紫色。在波長 562nm 下有最大吸光值，由分光光度計測量所得到的吸光值越大、顏色越深，表示待測物中含有越多蛋白質。
綠豆生長試驗	本實驗選用綠豆作為實測對象，綠豆的生長週期要短，成長快速易於評估植物的生長狀況。我們將香蕉皮萃取液透過減壓濃縮和冷凍乾燥後獲得不同成熟度的香蕉皮之萃取物固體，並將此萃取物定量回溶於水中，分別配製為兩個濃度 (0.5% 及 1%)，每日定時利用噴霧的方式噴灑於種植綠豆的盆栽中，並每天觀察、拍攝、量測其生長狀況，與控制組 (僅澆水) 相比評估各式萃取物是否具有促進綠豆生長的效果。

資料來源：研究者自行整理

(三) 實驗步驟及結果：

實驗項目	實驗步驟	實驗結果																
<p>樣品製備</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、將各成熟度之香蕉皮秤取約 100 克並剪碎。 2、分別加入燒杯後加入約 300mLRO 水後， 3、超音波震盪一小時。 4、將萃取液倒出在乾淨燒杯，並重複一次步驟 2、3。 5、分別以抽慮裝置、減壓濃縮機來進行抽氣過濾。 6、經過冷凍乾燥後，獲得最終樣品。 	 <p>圖二：香蕉皮萃取物特徵</p> <table border="1" data-bbox="638 638 1364 795"> <thead> <tr> <th></th> <th>產率</th> <th>全名</th> <th>縮寫代號</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>黃色香蕉皮</td> <td>3.3%</td> <td>Yellow banana peel</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>微斑點香蕉皮</td> <td>4.7%</td> <td>Half-spot banana peel</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>斑點香蕉皮</td> <td>5.1%</td> <td>Black banana peel</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>圖三：香蕉皮萃取物產率計算</p> <p>本次實驗成功萃出三種不同成熟度的香蕉皮萃取物，分別為黃色香蕉皮、微斑點香蕉皮及斑點香蕉皮萃取物，其外觀均為深咖啡色固體，黃色香蕉皮萃取物具有些許香蕉香味，而微斑點香蕉皮及斑點香蕉皮萃取物則有腐敗味（如圖二）。經利用產率公式，$產率 = (萃取物重 / 香蕉皮重) * 100\%$，計算產率分別為 3.3%、4.7% 及 5.1%（如圖三）。</p>		產率	全名	縮寫代號	黃色香蕉皮	3.3%	Yellow banana peel	Y	微斑點香蕉皮	4.7%	Half-spot banana peel	H	斑點香蕉皮	5.1%	Black banana peel	B
	產率	全名	縮寫代號															
黃色香蕉皮	3.3%	Yellow banana peel	Y															
微斑點香蕉皮	4.7%	Half-spot banana peel	H															
斑點香蕉皮	5.1%	Black banana peel	B															
<p>DPPH 自由基清除試驗 及 ABTS 陽離子自由基清除試驗</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、將不同萃取物溶於 RO 水後過濾，每種萃取物配置成濃度 0、100、250、500$\mu\text{g/mL}$。 2、分別和配置好的 DPPH 試劑(或 ABTS 試劑)混合並避光反應 30 分鐘。 3、利用分光光度計讀樣品之吸光值，再換算出萃取物半數自由基清除濃度（SC50）。 	<table border="1" data-bbox="638 1142 1364 1294"> <thead> <tr> <th></th> <th>DPPH</th> <th>ABTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>黃色香蕉皮</td> <td>934 $\mu\text{g/mL}$</td> <td>447 $\mu\text{g/mL}$</td> </tr> <tr> <td>微斑點香蕉皮</td> <td>381 $\mu\text{g/mL}$</td> <td>251 $\mu\text{g/mL}$</td> </tr> <tr> <td>斑點香蕉皮</td> <td>478 $\mu\text{g/mL}$</td> <td>300 $\mu\text{g/mL}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>圖四：香蕉皮萃取物之半數自由基清除濃度</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="638 1377 1013 1624"> </div> <div data-bbox="1029 1377 1412 1624"> </div> </div> <p>圖五、自由基清除試驗結果，（A）為 DPPH 自由基清除試驗，（B）為 ABTS+陽離子自由基清除試驗。</p> <p>本次自由基清除試驗使用四個濃度進行，分別為 0、100、250、500$\mu\text{g/mL}$，（A-B）結果顯示自由基清除效果最好的是微斑點香蕉皮，其次是斑點香蕉皮，最差的是黃色香蕉皮。且由圖四、圖五可以得知，黃色、微斑點、斑點香蕉皮萃取物的半數自由基清除濃度（50% free radical scavenging concentration，SC50），SC50 的數值越小，表示其自由基清除能力越強。</p>		DPPH	ABTS	黃色香蕉皮	934 $\mu\text{g/mL}$	447 $\mu\text{g/mL}$	微斑點香蕉皮	381 $\mu\text{g/mL}$	251 $\mu\text{g/mL}$	斑點香蕉皮	478 $\mu\text{g/mL}$	300 $\mu\text{g/mL}$				
	DPPH	ABTS																
黃色香蕉皮	934 $\mu\text{g/mL}$	447 $\mu\text{g/mL}$																
微斑點香蕉皮	381 $\mu\text{g/mL}$	251 $\mu\text{g/mL}$																
斑點香蕉皮	478 $\mu\text{g/mL}$	300 $\mu\text{g/mL}$																

<p>萃取物中總多酚含量測定</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、將不同萃取物溶於 RO 水後過濾，每種萃取物配置成濃度 0、100、250、500$\mu\text{g/mL}$，各濃度樣品加入 96 微孔盤。 2、加入 Folin Ciocalteu 酚試劑並搖晃一分鐘。 3、加入 Na_2CO_3 溶液，並避光反應 30 分鐘。 4、利用分光光度計讀樣品之吸光值，再換算出樣品中總多酚含量。 	 <p>圖六：利用沒食子酸繪製多酚實驗之標準曲線</p> <p>利用沒食子酸標準品配製成不同濃度標準溶液繪製多酚實驗中所需要的檢量線，其 R 平方值為 0.9998 標示其為一條線性良好的標準取線，將所測得的萃取物吸光值帶入檢量線後，可以得到黃色、微斑點、斑點香蕉皮萃取物每毫克的萃取物各含有 25.7 ± 0.7、38.6 ± 1.2 及 31.1 ± 0.2 μg 的多酚化合物；實驗結果以斑點香蕉皮萃取物含量為最高。</p>																								
<p>BCA 蛋白質含量測定</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、將 BSA 標準品配製成濃度 2、1、0.5、0.1、0.05mg/mL。 2、將樣品和配置好的 BSA 標準品與 BCA 試劑在 96 微孔盤中混和。 3、反應 30 分鐘後，利用分光光度計讀各樣品吸光值。 4、將各濃度 BSA 標準品繪製成檢量線 ($R^2 > 0.99$)。 5.將樣品測得之吸光值帶回檢量線。 	 <p>圖七：利用 BSA 繪製蛋白質定量實驗之標準曲線</p> <p>利用 BSA 標準品配製成不同濃度標準溶液繪製蛋白質定量實驗中所需要的檢量線，其 R 平方值為 0.9977 標示其為一條線性良好的標準取線，將所測得的萃取物吸光值帶入檢量線後，可以得到黃色、微斑點、斑點香蕉皮萃取物每毫克各含有 378.79 ± 8.80、576.29 ± 6.24 及 343.79 ± 4.25 μg 的蛋白質；實驗結果以斑點香蕉皮萃取物含量為最高。(如圖七)</p>																								
<p>綠豆生長試驗</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、將各萃取物溶於 RO 水中配置成營養液。 2、將綠豆種在咖啡杯內，每杯大約 10 顆，種植在陰涼處。 3、每杯綠豆加入固定的營養液 3mL，對照組只澆水。 4、持續七日後觀察各杯綠豆與對照組綠豆之差異。 	 <p>圖八：各濃度營養液添加之綠豆生長情形</p> <table border="1" data-bbox="639 1585 1406 1760"> <thead> <tr> <th></th> <th>平均高度 (cm)</th> <th>標準差 (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>control</td> <td>14.1</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Y-0.5%</td> <td>19.8</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>Y-1%</td> <td>17.7</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>H-0.5%</td> <td>19.1</td> <td>1.7</td> </tr> <tr> <td>H-1%</td> <td>17.9</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>B-0.5%</td> <td>20.3</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>B-1%</td> <td>19.4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>圖九：不同營養液添加之綠豆在七天後生長高度</p> <p>從生長七天後添加各濃度香蕉皮營養液綠豆生長的外觀及生長高度量化來看(如圖八、九)，證實有添加香蕉皮萃取物營養液之綠豆生長狀況，都會比對照組來的好，當中又以低濃度的效果更佳，由此可知添加此營養液確實能有效幫助綠豆生長。</p>		平均高度 (cm)	標準差 (cm)	control	14.1	1.1	Y-0.5%	19.8	1.8	Y-1%	17.7	0.7	H-0.5%	19.1	1.7	H-1%	17.9	0.5	B-0.5%	20.3	0.7	B-1%	19.4	1
	平均高度 (cm)	標準差 (cm)																								
control	14.1	1.1																								
Y-0.5%	19.8	1.8																								
Y-1%	17.7	0.7																								
H-0.5%	19.1	1.7																								
H-1%	17.9	0.5																								
B-0.5%	20.3	0.7																								
B-1%	19.4	1																								

資料來源：研究者自行整理

本實驗在綠豆生長試驗中有不錯的效用，有添加各濃度香蕉皮營養液綠豆之生長外觀與高度，皆比對照組來得好，因此，可以得知香蕉皮中富含維生素、礦物質、微量元素等，可以幫助植物成長得更好的營養物質，且根據現有數據顯示香蕉皮萃取物中含有多酚類化合物及蛋白質，可以輔助植物生長使綠豆有更好的生長環境。

五、結論與生活應用

(一) 結論：經過本次實驗，我們有以下之發現：

1、不同成熟度香蕉皮中抗氧化能力是有所差異：

從本次實驗數據，可以得到自由基清除效果最好的是微斑點香蕉皮，其次是斑點香蕉皮，最差的是黃色香蕉皮。因此，我們推測微斑點香蕉皮具有較佳的抗氧化能力，來去除自由基，終止連鎖反應，且抑制其他氧化反應，因此，未來可以考量以微斑點香蕉皮來製作營養食品或藥品，期能預防老化、癌症、降低心血管疾病等。

而不同成熟度香蕉皮中的總多酚含量、蛋白質含量亦有所差異，從實驗數據中發現，到香蕉皮中的總多酚含量、蛋白質含量，均以微斑點香蕉皮為最高，其次是斑點香蕉皮，最少的是黃色香蕉皮。因此，我們可以得到一個正向的結果，並推論香蕉皮本身有多種營養物質，它在土壤中經過氧化、腐化等化學反應後，或許反而能提供更多養分，此相關結果於綠豆生長試驗中，未來值得更多探討，以釐清香蕉皮萃取物中何者更適合開發做為肥料使用，同時未來也可以考量以香蕉皮萃取物來製作營養食品或藥品，期能維持健康保健、促進新陳代謝等。

2、香蕉皮萃取物具有促進植物生長的能力：

以不同成熟度的香蕉皮萃取物在綠豆生長的驗證中，其生長狀況均比對照組來的佳，由此推論香蕉皮萃取物確實具有促進植物生長的能力，且根據實驗數據顯示，加入香蕉皮萃取物的植物在七天的短時間內，便能對綠豆造成可觀的生長效果，但這三種不同成熟度香蕉皮營養液的促進生長能力，相互間的差異並不顯著，且意外的發現加入 0.5% 的營養液的效果竟比 1% 的功效來的強不少。

綜合以上，經過本次實驗在獲取得一定的數據後，發現這些數據經由統整出來的結果，十分接近我們在實驗之初的假設，也印證了香蕉皮萃取物中的成分確實有幫助綠豆生長的功效。

(二) 建議：

透過本次實驗，我們認為香蕉皮具有不錯的發展潛力，一方面可以農業廢物再利用，

一方面可以增加香蕉皮的附加價值，將香蕉皮開發成天然的營養肥料使其他農作物有更好的生長環境，希望未來可以對香蕉皮做更多相關的實驗，成功將香蕉皮開發為具有應用價值的肥料！

參考資料:

- 一、分光光度法和比爾定律。 <https://youtu.be/zuUvQN8KXOk>
- 二、比爾定律。 <https://www.zhihu.com/topic/20410799/intro>
- 三、抗氧化劑。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/>
- 四、賴瑞聲 (2016 年 6 月)。成分分析及功效評估在保健植物研發應用。苗栗農業專訊，第 74 期。
- 五、華人健康網 (2021 年 01 月 31 日)。吃香蕉皮，比果肉更強大？營養師：吃對這個顏色好神。 <https://www.top1health.com/Article/57867>。
- 六、台灣 WORD (2021 年 01 月 28 日)。生物活性物質。 <http://www.twword.com/wiki/>。
- 七、王昭均 (2021 年 01 月 30 日)。植物激素。 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/>。