

空心不「黑」心

- － 探討不同因素減緩川燙空心菜後的變黑情況及葉綠素含量的關係 －



研究領域：自然類

指導老師：徐意婷老師

研究學生：吳苡晴 撰

中華民國一百一十三年四月

摘要

為了減緩空心菜變黑情況，並保留營養的葉綠素，並讓對大眾的食用影響度降到最低，我想從「改變川燙因素」、「添加不同調味料」這幾個向度來進行研究。

本次研究測試了不同川燙時間、浸泡不同調味料和浸泡不同水溫的水對於減緩空心菜變黑情況是否能有所成效。實驗過後，得出最好的烹調方式為川燙 30 秒、川燙後浸泡加入冰塊的食用小蘇打水 2 分鐘。

建議未來的研究方向可嘗試使用不同肥料種植空心菜，並實驗哪一種肥料對於減緩變黑效果最好，同時也可以研究川燙時使用的水量、調味料與水的最佳比例和川燙時直接滴入調味料的效果。

關鍵詞：空心菜、葉綠素、亮度值

目錄

壹、前言	5
一、研究動機.....	5
二、研究目的.....	5
三、文獻探討.....	5
貳、研究設備與器材.....	7
一、研究設備.....	7
二、研究器材與材料.....	7
參、研究過程與方法.....	8
一、研究架構圖	8
二、研究過程.....	9
三、測定方法.....	12
肆、研究結果.....	14
一、前導實驗－問卷.....	14
二、正式實驗一.....	17
三、正式實驗二.....	21
四、正式實驗三.....	23
伍、討論	27
一、減緩變黑的方法.....	27
二、空心菜不只可能變黑、也有可能變黃，亮度值會不會不準確？	27
三、空心菜變黑的因素	28
陸、結論	29
一、結論.....	29
二、建議未來研究方向	29
柒、參考文獻資料.....	30
捌、研究心得.....	31

圖表目錄

表次

表 1-1 空心菜變黑原因和改善方式	5
表 1-2 調味料選擇方式	6
表 1-3 科展作品比較表	6
表 2-1 研究設備	7
表 2-2 研究器材或材料照片	7
表 3-1 問卷向度與內容	9
表 3-2 自製攝影箱流程	12
表 4-1 空心菜莖部照片整理表	17
表 4-2 空心菜莖部照片整理表	17
表 4-3 空心菜莖部照片整理表	18
表 4-4 空心菜莖部照片整理表	18
表 4-5 空心菜莖部照片整理表	19
表 4-6 葉綠素溶液照片整理表	20
表 4-7 RGB 數值紀錄表	21
表 4-8 RGB 數值推算葉綠素含量紀錄表	22
表 4-9 實驗 2 結論推測表	23
表 4-10 RGB 莖部照片及亮度值紀錄表	23
表 4-11 葉綠素溶液照片整理表	24

圖次

圖 3-1 研究架構圖·····	8
圖 3-2 亮度分析在(RGB, HEX, CMYK)網站·····	13
圖 4-1 第一部分第一題回答百分統計圖(n=71)·····	14
圖 4-2 第一部分第二題回答百分統計圖(n=71)·····	14
圖 4-3 第二部分第一題回答百分統計圖·····	15
圖 4-4 第二部分第二題回答百分統計圖·····	15
圖 4-5 第三部分第一題回答百分統計圖·····	15
圖 4-6 第三部分第二題回答百分統計圖·····	16
圖 4-7 第三部分第三題回答百分統計圖·····	16
圖 4-8 第三部分第四題百分統計圖·····	16
圖 4-9 川燙 30 秒的亮度值比較圖表·····	17
圖 4-10 川燙 60 秒的亮度值比較圖表·····	18
圖 4-11 川燙 120 秒的亮度值比較圖表·····	18
圖 4-12 川燙 180 秒的亮度值比較圖表·····	18
圖 4-13 川燙 300 秒的亮度值比較圖表·····	19
圖 4-14 剛川燙完的 RGB 亮度值比較圖表·····	19
圖 4-15 川燙完 20 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表·····	19
圖 4-16 川燙完 40 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表·····	20
圖 4-17 川燙完 60 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表·····	20
圖 4-18 實驗 1-2 亮度值比較圖表·····	20
圖 4-19 實驗 2-1 亮度值比較圖表·····	22
圖 4-20 葉綠素含量比較圖表·····	22
圖 4-21 浸泡不同溫度的水莖部顏色亮度值比較圖表·····	24
圖 4-22 葉綠素含量比較圖表·····	24
圖 4-23 冰水·····	25
圖 4-24 溫水·····	25
圖 4-25 對照組·····	25

壹、前言

一、研究動機

每次爸爸炒空心菜，我都會發現烹煮完的空心菜放置的越久，顏色就愈來愈黑，這讓我想到平常吃蔬菜的目的—補充「葉綠素」，如果蔬菜變黑，豈不是綠色的葉綠素也會跟著消失？我們會不會吃不到葉綠素呢？於是我上網搜尋資料，發現有些調味料能夠減緩空心菜變黑的速度，究竟哪一種調味料減緩效果比較好呢？葉綠素會不會仍然消失？這些疑問激起我的好奇心，想透過這次的獨立研究化解我的疑惑，同時我也想從「改變川燙因素」這個向度來進行研究，希望能減緩空心菜變黑的情況。

二、研究目的

- (一)調查大眾對於空心菜變黑情況的食用影響度及減緩變黑方法認知。
- (二)檢測同批空心菜在不同的川燙時間下，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量。
- (三)檢測同批空心菜川燙完浸泡不同調味料後，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量。
- (四)檢測同批空心菜川燙完浸泡不同溫度的水下，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量。
- (五)分析空心菜川燙後的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量之間的關聯。

三、文獻探討

(一) 空心菜變黑原因

我查詢了空心菜的變黑原因和改善方式，以利挑選適合的調味料來補足空心菜需要的養分或物質，減緩變黑。下表是我查詢到的資料，如下表 1-1：

表 1-1 空心菜變黑原因和改善方式

原因	改善方式	
1. 青菜經川燙後，草酸就會溶出，使熱水傾向酸性，而青菜內的葉綠素碰到酸性熱水，就會造成「鎂離子」流失，即「葉綠素脫鎂」，葉綠素脫鎂會導致葉綠素本身的顏色變褐，導致青菜顏色變黑，同時葉綠素脫鎂後也不是真正的葉綠素了	(1)添加鹼性調味料，使熱水的酸與鹼性中和	(2)川燙時加入青菜體積 5 倍的水，稀釋草酸，減少葉綠素流失
2. 空心菜含鐵量豐富，接觸高溫時容易氧化，所以才變黑	添加醋或檸檬汁，讓空心菜的鐵質受到酸性的控制，減緩氧化	

(二) 對空心菜變黑的疑問

在文獻探討時，空心菜變黑原因有兩派說法，分別是第一點和第二點，且第二點的解決方式為添加酸性調味料，和第一點所呈現的理論互相矛盾，所以我想經由此次研究分析哪一種原因對於空心菜氧化的情況較為正確或明顯。

而我的研究方式將會各採幾種酸性和鹼性的調味料，從最終效果來判定哪種理論較為正確或明顯。

表 1-2 調味料選擇方式

調味料 \ 向度	酸鹼性	選擇原因
檸檬汁	酸性	網路資料
白醋	酸性	網路資料
食用小蘇打粉	鹼性	網路資料和科展作品結論
食鹽	鹼性	網路資料和科展作品結論

(三) 葉綠素萃取方式

我從「葉綠素的長生之道」此科展作品中得知萃取葉綠素溶液的方式，步驟如下：

1. 將青菜葉片去除葉柄。
2. 將所有葉片每 2g 一組，分別放入含有 50ml 酒精的燒杯中。
3. 以隔水加熱方式加熱燒杯 20 分鐘。

(四) 推測葉綠素含量方式

我的手邊並沒有高階的實驗設備可以精準確定葉綠素的含量，所以我決定使用亮度值進行推算，我發現葉綠素酒精溶液內的葉綠素若較少，酒精溶液顏色會較亮、較淺(因為含量少)，若葉綠素含量多，則溶液顏色較暗、較深。所以我決定使用亮度值來推算葉綠素含量的多寡。亮度值越高、葉綠素含量越低；亮度值越低、葉綠素含量越高。

(五) 顏色亮度測量方式

因為我的手邊並沒有非常精密的儀器可以測量亮度值，例如：分光光度計，所以我查詢了用 RGB 推算的公式，發現可以先測出 RGB 數值後，再套入「
$$\frac{(R*299)+(G*587)+(B*114)}{1000}$$
」此公式，所得到的答案就會是亮度值。亮度值越大，代表顏色越亮；反之，亮度值越小，顏色越暗。我將會使用這個公式來計算所有實驗的空心菜亮度值。

(六) 歷屆科展相關作品

表 1-3 科展作品比較表

屆別與科別	作品名稱	研究大綱	對本實驗的幫助
第 54 屆國中組 生活與應用科 學科	葉綠素的長生之道	探討葉綠素的最佳萃取條件以及各種環境因素對地 瓜葉葉綠素保存之影響	得知萃取葉綠素溶液的方式

貳、研究設備與器材

一、研究設備

表 2-1 研究設備

設備名稱	功能與用途
電子秤	秤空心菜葉片重量
電磁爐	川燙空心菜、隔水加熱葉綠素溶液

二、研究器材與材料

表 2-2 研究器材或材料照片

材料名稱	功能與用途
檸檬汁	調味料
白醋	調味料
食鹽	調味料
食用小蘇打粉	調味料
空心菜	實驗對象
200ml 耐熱燒杯	裝葉綠素溶液的容器
筷子	夾取煮完的青菜
盤子	盛裝煮完的青菜

參、研究過程與方法

一、研究架構圖



圖 3-1 研究架構圖

二、 研究過程

(一) 前導實驗一：調查大眾對於空心菜變黑情況的食用影響度及減緩變黑方法認知。

使用 google 表單依據調查目的製作問卷，問卷向度與內容如表 3-1：

表 3-1 問卷向度與內容

向度種類	詢問原因	問題內容	詢問方式
第一部分： 氧化變黑情況注意頻率	得知本次研究的價值性	1. 請問您平常注意空心菜氧化變黑情況的頻率為？	使用李克特(Likert)五點量表
		2. 若空心菜已經開始氧化變黑，您是否還會繼續享用它？	是、否、不一定
第二部分： 對空心菜的顏色喜好	得知本次研究的方向是否趨近於社會大眾的想法，並得知本次研究的價值性	1. 您覺得煮完或川燙完畢的空心菜較接近什麼樣的顏色會讓你最想享用？	放置兩張圖片，分別是翠綠色和墨綠色空心菜，並撰寫說明，讓填答者選擇其一
		2. 呈上題，為什麼您會選擇該選項？	1. 列出一些填答者可能認為的原因，例如：顏色看起來較美味 2. 其他
第三部分： 改善空心菜氧化的意願	得知本次研究的價值性	1. 您想改善空心菜氧化變黑情況的意願為？	使用李克特(Likert)五點量表
		2. 對於空心菜氧化變黑的解方，已有相關文獻。請問您之前是否有聽聞過空心菜變黑的解決方法？	有聽過、沒聽過，選擇沒聽過的人自動跳至第四部分
		3. 呈上題，您是否有嘗試過任何解決方法？	有、無，選擇無的人自動跳至第四部分
		4. 您使用的是什麼解決方法？	1. 列出一些填答者可能認為的原因，例如：大火快炒 2. 其他
第四部分： 建議撰寫欄	得知此問卷的改進空間	本問卷到此結束，誠摯希望您能給我一些建議，也謝謝您本次的填答	簡答

以上為本研究使用 google 表單連結發放問卷，並紀錄發放問卷的開始和結束時間，將問卷結果進行整理。

(二) 檢測同批空心菜在不同的川燙時長下，呈現的顏色亮度變化和葉綠素溶液顏色

1. 實驗 1-1：RGB 數值推算亮度值

- (1) 拿 5 根空心菜，並從根部上方 2 公分的位置，切下 5 根 5 公分的空心菜莖部。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」。

- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下 5 根第一步驟切下的空心菜莖部，並開始計時。
- (5) 依據不同的川燙時間將每根空心菜取出。
- (6) 將不同川燙時間的空心菜莖部分別在「剛川燙完」、「川燙完 20 分鐘」、「川燙完 40 分鐘」和「川燙完 60 分鐘」的時候放入自製攝影箱拍攝照片。
- (7) 將空心菜莖部的亮度值整理成紀錄表。

2. 實驗 1-2：RGB 數值推算葉綠素含量

- (1) 切下空心菜葉子。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」。
- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下第一步驟切下的空心菜葉子，並開始計時。
- (5) 依據不同的川燙時間分別將 2g 的空心菜葉片取出。(取出後進行測量)
- (6) 將葉片放置 40 分鐘後，開始製作葉綠素酒精溶液。
- (7) 將葉綠素酒精溶液製作完成後，分別放入自製攝影箱內拍攝照片。
- (8) 將亮度值整理成紀錄表。

3. 實驗 2-1：RGB 數值推算亮度值

- (1) 拿 5 根空心菜，並從根部上方 2 公分的位置，切下 5 根 5 公分的空心菜莖部。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」
- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下 5 根第一步驟切下的空心菜莖部，並開始計時。
- (5) 30 秒之後將空心菜取出。
- (6) 將其中四根空心菜分別放入事先調製好的 10%檸檬汁、10%白醋、10%食用小蘇打水、10%鹽水，而另外一根則不用浸泡任何調味料，直接放置於盤中。
- (7) 浸泡 2 分鐘後將空心菜取出。
- (8) 將空心菜浸泡溫水約 5 秒，沖洗掉調味料。
- (9) 將 5 根空心菜放入盤中，再將盤子放入自製攝影箱拍攝照片。
- (10) 將空心菜莖部的 RGB 平均數值算出後，換算成亮度值，並整理成紀錄表。

4. 實驗 2-2：RGB 數值推算葉綠素含量

- (1) 切下空心菜葉子。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」。
- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下第一步驟切下的空心菜葉子，並開始計時。

- (5) 30 秒後將葉片分成五份並取出，並浸泡入不同調味料 1 分鐘。(對照組取出即放置於盤內)
- (6) 浸泡調味料 2 分鐘後，將空心菜浸泡溫水約 5 秒，沖洗掉調味料。
- (7) 將葉片重量調整成 2g，並放置 40 分鐘。
- (8) 40 分鐘後，開始製作葉綠素酒精溶液。
- (9) 將葉綠素酒精溶液製作完成後，分別放入自製攝影箱內拍攝照片。
- (10) 將亮度值整理成紀錄表。

(三) 檢測同批空心菜放置在不同的溫度下，呈現的顏色亮度變化和葉綠素溶液顏色

1. 實驗 3-1：RGB 數值推算亮度值

- (1) 拿 3 根空心菜，並從根部上方 2 公分的位置，切下 3 根 5 公分的空心菜莖部。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」。
- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下 5 根第一步驟切下的空心菜莖部，並開始計時。
- (5) 30 秒後將空心菜取出。
- (6) 將其中 2 根空心菜分別放入攝氏 25 度的常溫水和攝氏 3 度的冰塊水內，而另外一根則不用浸泡，直接放置於盤中。
- (7) 浸泡 2 分鐘後將空心菜取出。
- (8) 將 3 根空心菜放入盤中，再將盤子放入自製攝影箱拍攝照片。
- (9) 將空心菜莖部的 RGB 平均數值算出後，換算成亮度值，並整理成紀錄表。

2. 實驗 3-2：RGB 數值推算葉綠素含量

- (1) 切下空心菜葉子。
- (2) 在電磁爐上放上鍋子，並在鍋子內加入空心菜體積 5 倍的水。
- (3) 把電磁爐的溫度設為「中」。
- (4) 等鍋子內的水滾之後，放下第一步驟切下的空心菜葉子，並開始計時。
- (5) 30 秒後將葉片分成五份並取出，並浸泡入不同溫度的水 1 分鐘。(對照組取出即放置於盤內)
- (6) 1 分鐘後，將葉片重量調整成 2g，並放置 40 分鐘。
- (7) 40 分鐘後，開始製作葉綠素酒精溶液。
- (8) 將葉綠素酒精溶液製作完成後，分別放入自製攝影箱內拍攝照片。
- (9) 將亮度值整理成紀錄表。

三、 測定方法

(一) 自製攝影箱

我製作攝影箱的目的是為了在拍攝空心菜的過程中，照片不會因為光線的影響而變得比較亮或比較暗，製作方式如下表 3-2：

表 3-2 自製攝影箱流程

步驟	1. 取得一個大小適中的紙箱	2. 決定好紙箱的將底部的紙箱開口貼合	3. 先確認手機打出閃光燈的鏡頭，再將閃光燈鏡頭放置於紙箱上方正中央，並描出手機上半部形狀
照片			
步驟	4. 將描出的部分割去	5. 將紙箱內的面貼上白紙(左、右邊不一定要貼)	6. 將割去的部分，外側新增檔板，防止手機移動
照片			
步驟	7. 在前方新增一道磁鐵門，防止紙箱正前方透進來的光干擾拍攝		8. 在上方黏貼一個紙板，擋住門上方透入的光(上方空隙是為了方便觀察)
照片			

(二) 莖部顏色亮度分析

1. 在自製攝影箱內拍攝空心菜莖部的照片一張。
2. 將圖片上傳至色碼查(RGB, HEX, CMYK)網站。
3. 將游標指向空心菜莖部以讀取 RGB 數值。
4. 一張照片選三個點，並將三個 RGB 數值分別以「 $\frac{(R*299)+(G*587)+(B*114)}{1000}$ 」的方式進行計算。

將所得的三個亮度值數據平均，最後算出的亮度值越大，代表顏色越亮；亮度值越低，顏色越暗。



圖 3-2 亮度分析在(RGB, HEX, CMYK)網站

(三) 葉子葉綠素含量萃取及測量

1. 將空心菜葉片和空心菜莖部分開川燙。
2. 葉片部分川燙完成後，將取出 2g 的葉片並剪碎，然後放入含有 50ml 酒精的燒杯中。
3. 以隔水加熱方式加熱燒杯 20 分鐘，溶出葉綠素。
4. 將萃取完畢的葉綠素酒精溶液放進自製攝影箱拍攝照片。
5. 將圖片上傳至色碼查詢(RGB, HEX, CMYK)網站。
6. 將游標指向葉綠素溶液處的其三個點讀取 RGB 數值。
7. 將最後取得的數值換算成亮度值，並整理成紀錄表。
8. 亮度值越高，葉綠素含量越低；亮度值越低，葉綠素含量越高。

肆、研究結果

一、前導實驗-調查大眾對於空心菜變黑情況的食用影響度及減緩變黑方法認知

(一) 前言

我的問卷使用 google 線上表單編輯發放，以便收集大量數據，並加以分析。而此問卷的發放時間為 112 年 12 月 20 日至 112 年 1 月 10 日，共計 22 日。最後總回收數為 71 份，有效問卷 71 份，無效問卷 0 份，有效問卷率 100%，而此問卷的無效問卷篩選條件為：在「其他」或「簡答」處填出不合理或無關緊要的答案。

(二) 結果分析

1. 第一部分：空心菜氧化變黑情況注意頻率

(1) 第一題：請問您平常注意空心菜氧化變黑情況的頻率為？

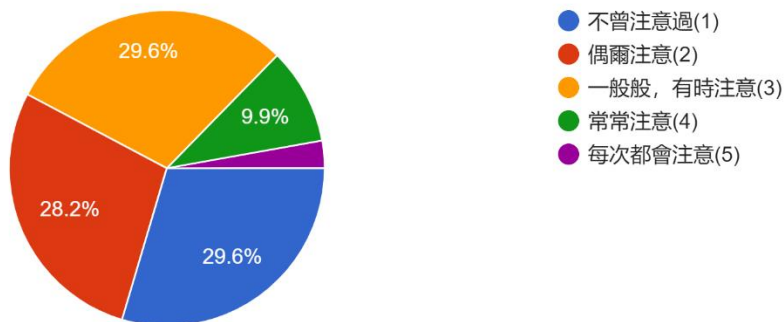


圖 4-1 第一部分第一題回答百分統計圖(n=71)

由上圖可知，大眾的注意頻率偏向 1 分至 3 分(共 5 分)，頻率並不高。

(2) 第二題：若空心菜已經開始氧化變黑，您是否還會繼續享用它？

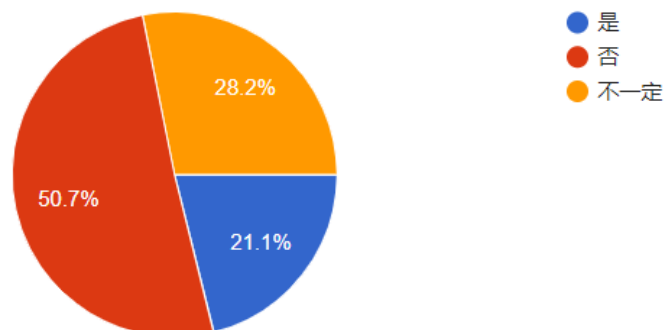


圖 4-2 第一部分第二題回答百分統計圖(n=71)

由上圖可知，有超過半數的民眾在空心菜氧化變黑後不會繼續享用它。

2. 第二部分：空心菜的顏色喜好

- (1) 第一題：您覺得煮完或川燙完畢的空心菜較接近什麼樣的顏色會讓你最想享用?(題目下方有放置圖片)

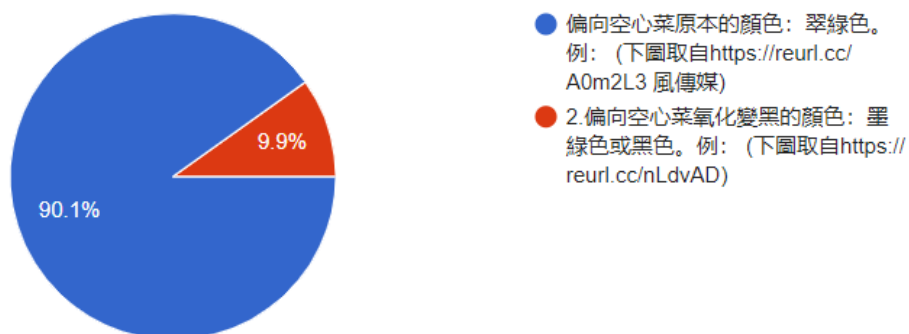


圖 4-3 第二部分第一題回答百分統計圖

由上圖可知，9 成以上的民眾喜歡的空心菜顏色為翠綠色。

- (2) 第二題：呈上題，為什麼您會選擇該選項?

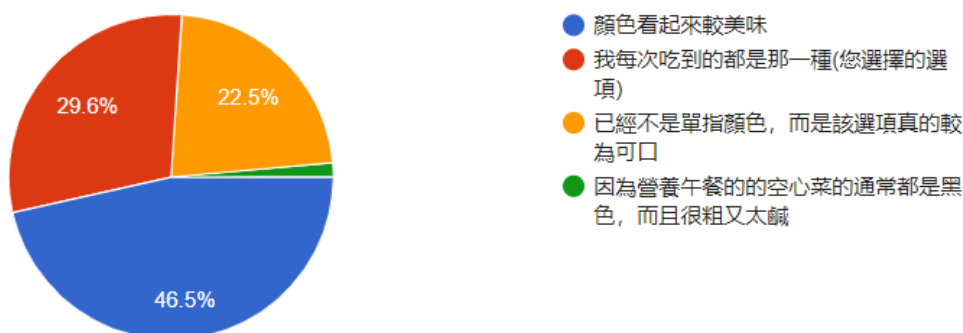


圖 4-4 第二部分第二題回答百分統計圖

由上圖可知，多數人從「顏色」決定食物的美味程度，而也有人是因為習慣吃某一種或較常吃某一種，而選擇該選項。

3. 第三部分：改善空心菜氧化變黑情況的意願

- (1) 第一題：您想改善空心菜氧化變黑情況的意願為?

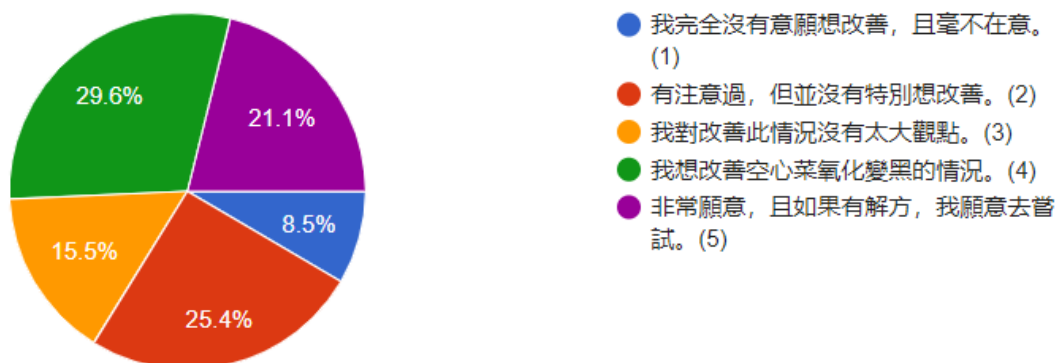


圖 4-5 第三部分第一題回答百分統計圖

由圖 4-5 可知，較多數人想改善空心菜氧化變黑的情況，不過也有許多人僅注意過，但沒有特別想改善。

(2) 第二題：對於空心菜氧化變黑的解方，已有相關文獻。請問您之前是否有聽聞過空心菜變黑的解決方法？

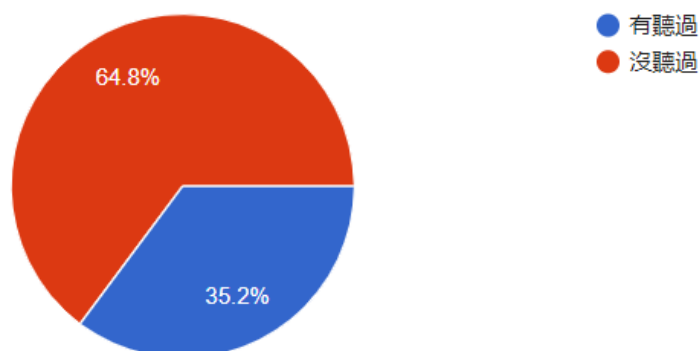


圖 4- 6 第三部分第二題回答百分統計圖

由上圖可知，有超過 6 成的民眾沒聽過，只有 35.2%聽過。

備註：這一題選擇「沒聽過」的人，會直接跳至「建議撰寫欄」，結束填答；選擇「有聽過」者，會繼續往下作答。(有聽過者共 25 位)

(3) 第三題：呈上題，您是否有嘗試過任何解決方法？

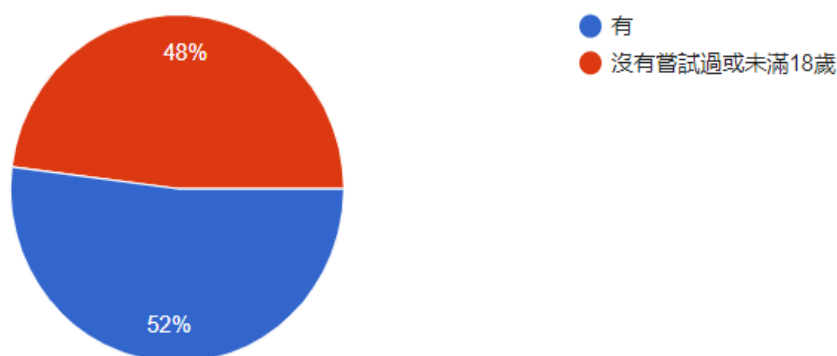


圖 4- 7 第三部分第三題回答百分統計圖

由上圖可知，有 52%的人有嘗試過。

備註：這一題選擇「沒有嘗試過或未滿 18 歲」的人，會直接跳至「建議撰寫欄」，結束填答；選擇「有」的人，會繼續往下作答。(選擇「有」的人共 13 位)

(4) 第四題：您使用的是什麼解決方法？

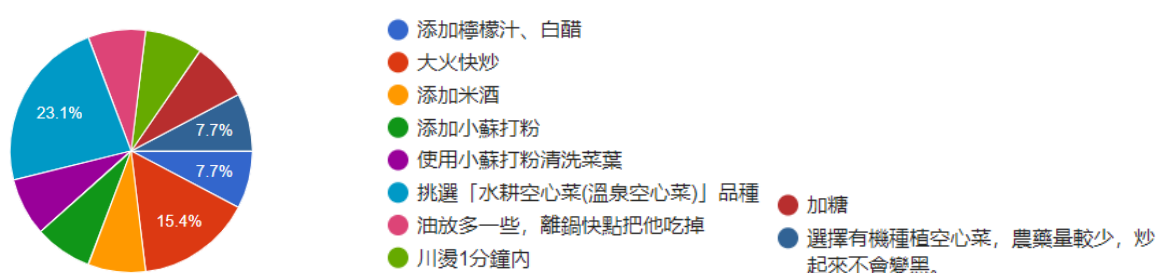


圖 4-8 第三部分第四題百分統計圖

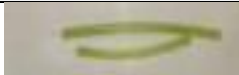
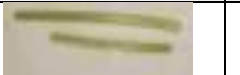
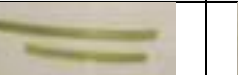
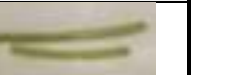
由上圖可知，在 13 位填答者中，有很多人擁有自己習慣使用的解決方法，而比例最高的則是挑選「水耕空心菜(溫泉空心菜)」品種。

二、檢測同批空心菜在不同的川燙時間下，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量

(一) 實驗 1-1：莖部顏色亮度變化

1. 川燙總時間 30 秒

表 4-1 空心菜莖部照片整理表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 20 分鐘	川燙完 40 分鐘	川燙完 60 分鐘
照片				

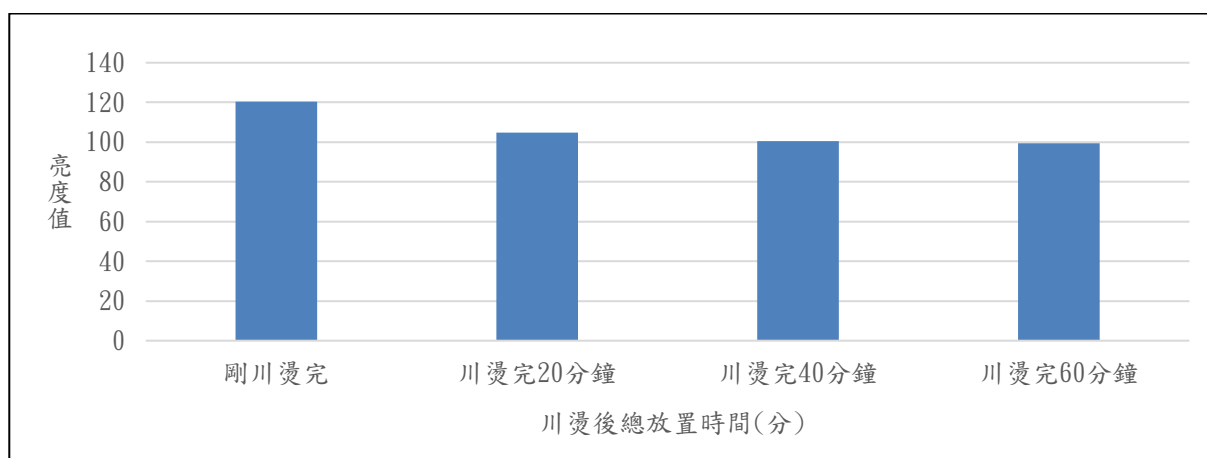
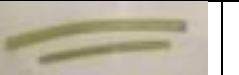


圖 4-9 川燙 30 秒的亮度值比較圖表

2. 川燙總時間 60 秒

表 4-2 空心菜莖部照片整理表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 20 分鐘	川燙完 40 分鐘	川燙完 60 分鐘
照片				

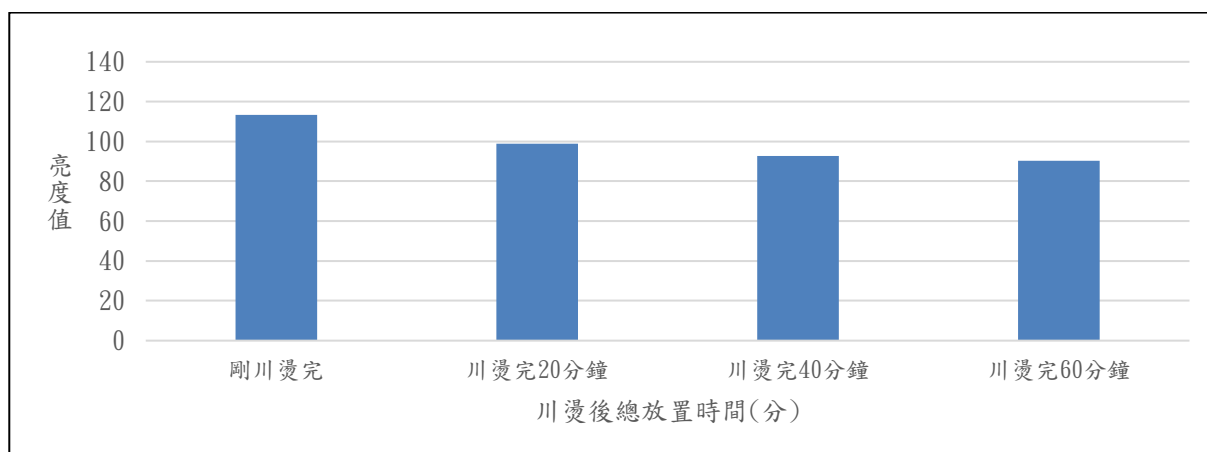


圖 4-10 川燙 60 秒的亮度值比較圖表

3. 川燙 120 秒

表 4-3 空心菜莖部照片整理表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 20 分鐘	川燙完 40 分鐘	川燙完 60 分鐘
照片				

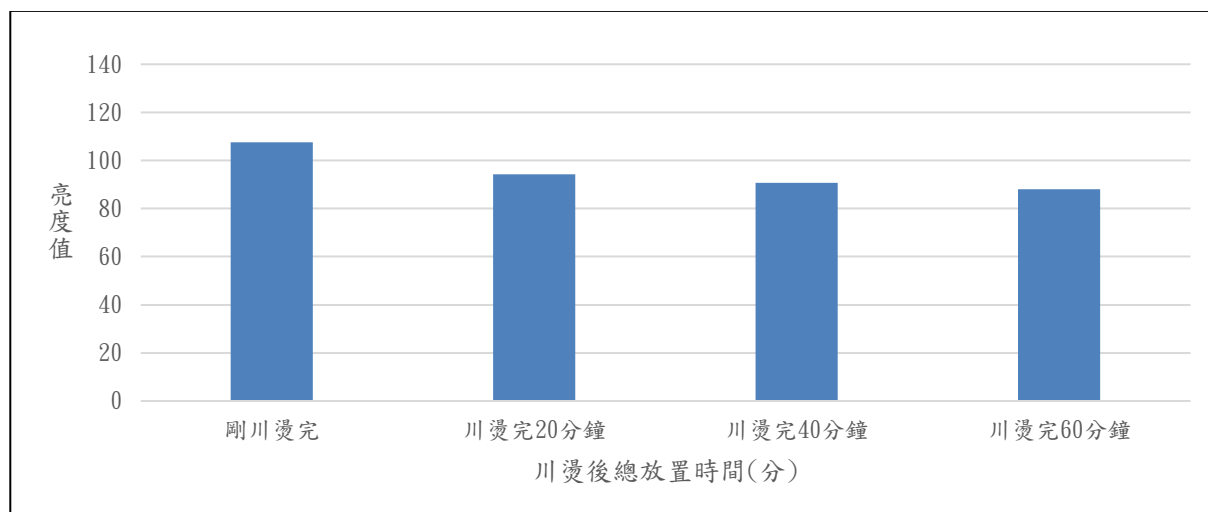


圖 4-11 川燙 120 秒的亮度值比較圖表

4. 川燙 180 秒

表 4-4 空心菜莖部照片整理表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 20 分鐘	川燙完 40 分鐘	川燙完 60 分鐘
照片				

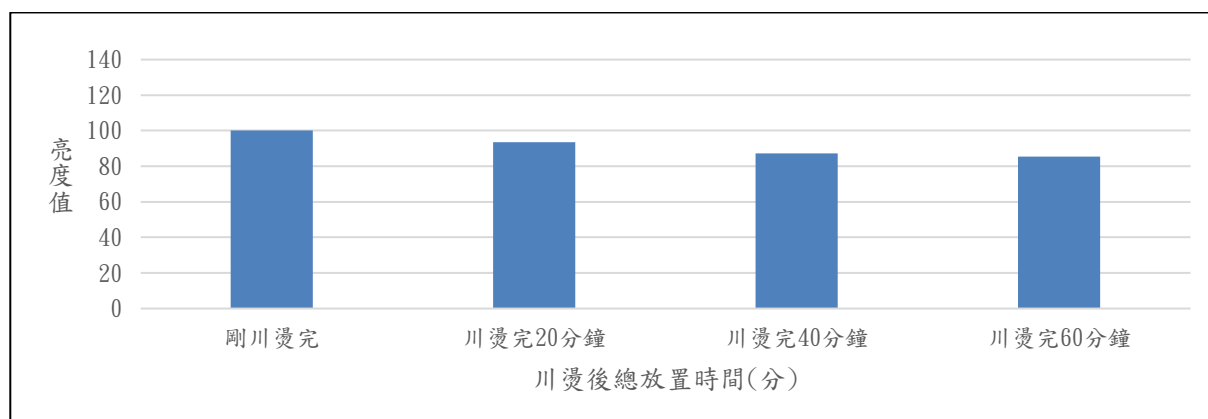


圖 4-12 川燙 180 秒的亮度值比較圖表

5. 川燙 300 秒

表 4-5 空心菜莖部照片整理表

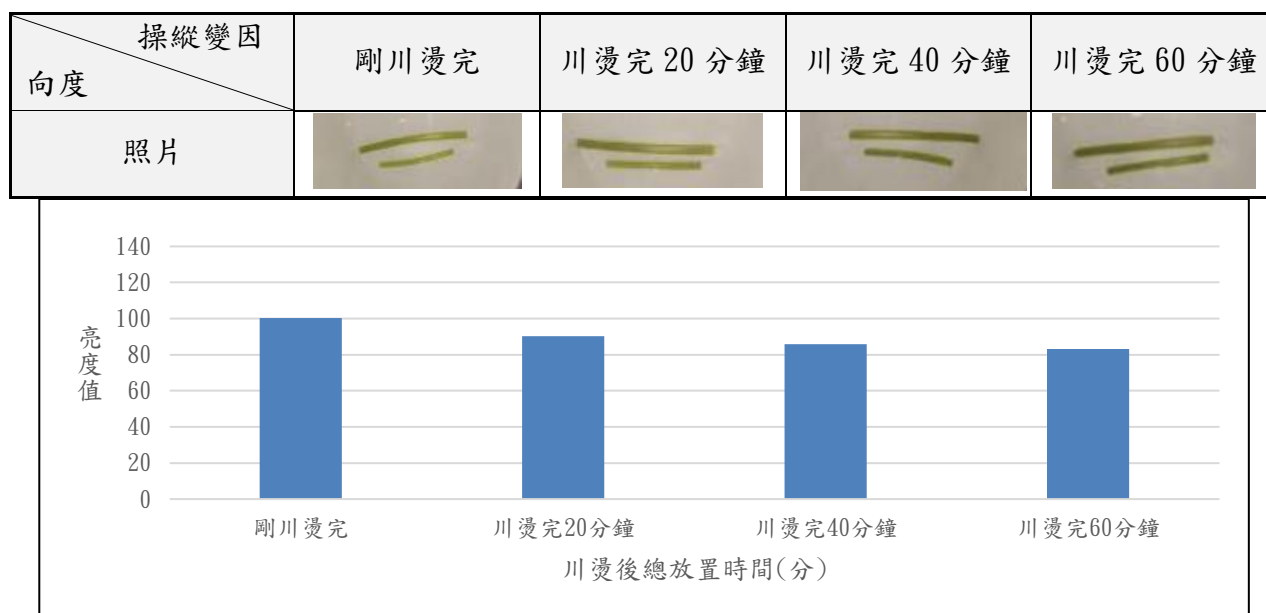


圖 4-13 川燙 300 秒的亮度值比較圖表

6. 結果統整

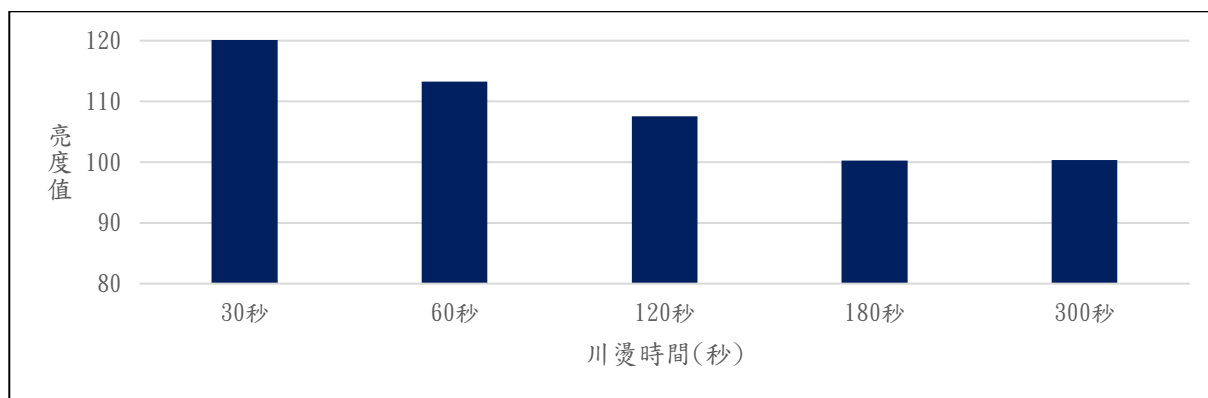


圖 4-14 剛川燙完的 RGB 亮度值比較圖表

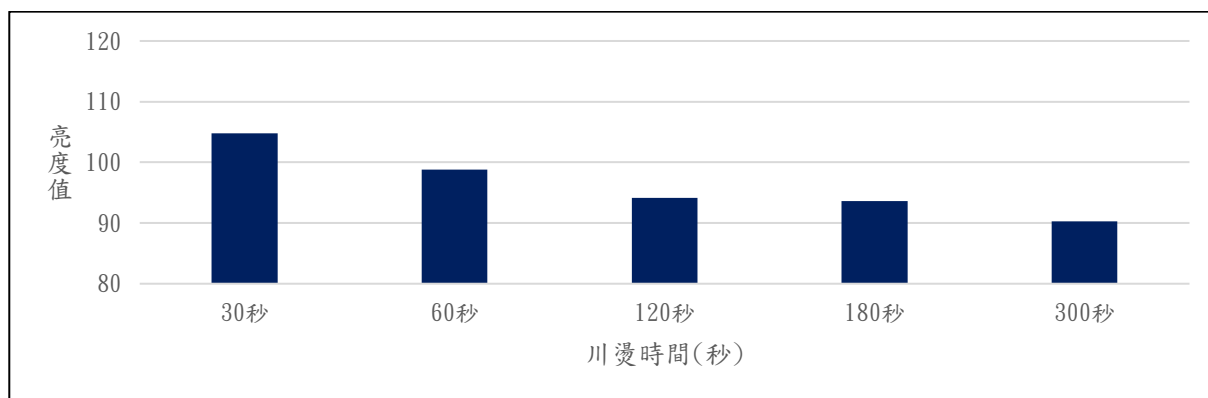


圖 4-15 川燙完 20 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表

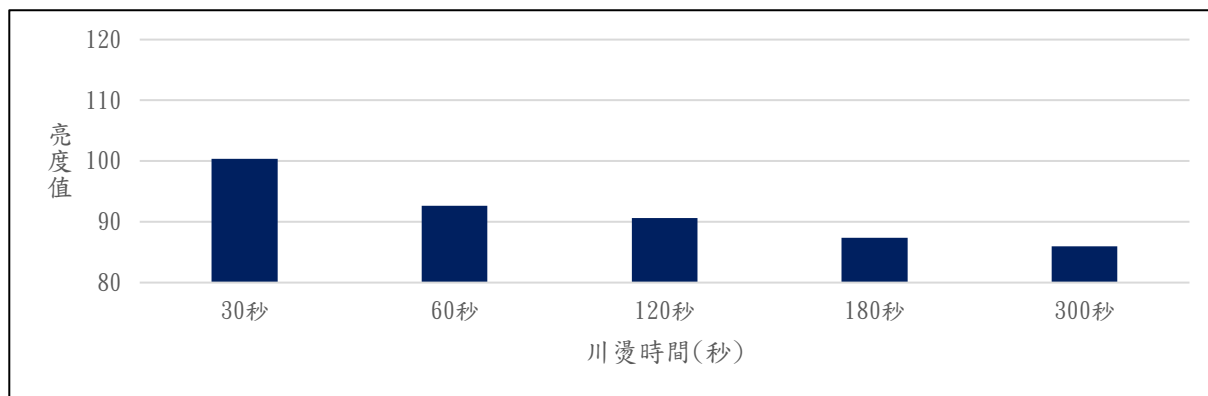


圖 4-16 川燙完 40 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表

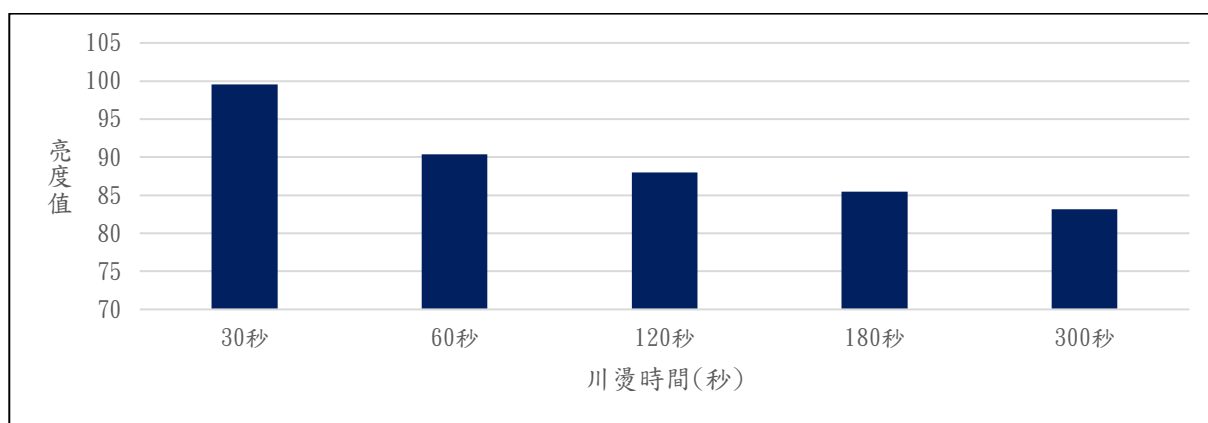


圖 4-17 川燙完 60 分鐘的 RGB 亮度值比較圖表

(二)實驗 1-2：葉子葉綠素含量

1. 實驗照片

表 4-6 葉綠素溶液照片整理表

操縱變因 向度	川燙 30 秒	川燙 60 秒	川燙 120 秒	川燙 180 秒	川燙 300 秒
葉綠素溶液照片					

2. 實驗比較圖表

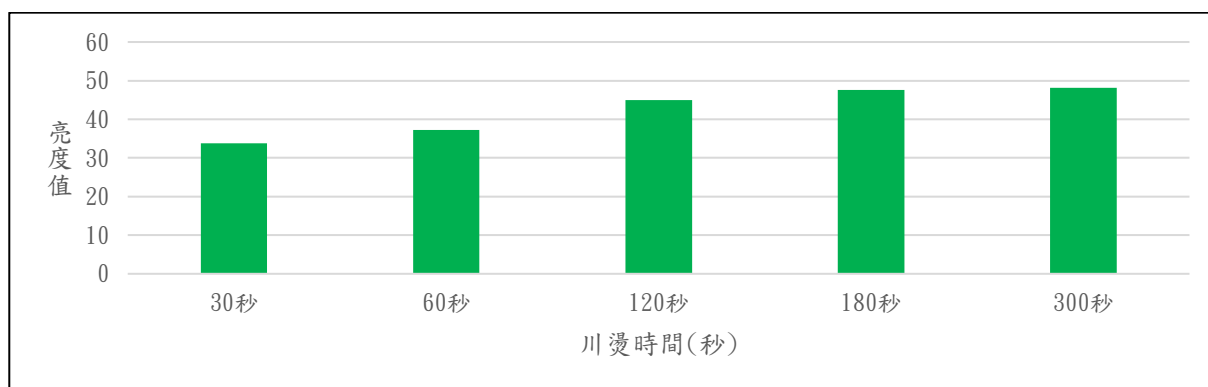


圖 4-18 實驗 1-2 亮度值比較圖表

(三)實驗結論

1. 莖部顏色亮度變化

- (1) 經由圖 4-14 到圖 4-17 可知，川燙 30 秒的空心菜從川燙完到放置 60 分鐘的過程中，亮度值皆最高，而川燙 300 秒的空心菜亮度值最低。
- (2) 從剛川燙完到放置 60 分鐘的過程中，所有的空心菜亮度值皆持續下降。
- (3) 從放置 40 分鐘到放置 60 分鐘的過程中，亮度值下降的幅度變小，甚至因為 RGB 的誤差值而產生 40 分鐘的亮度值比 60 分鐘的亮度值低的問題。

2. 葉子葉綠素含量

從圖 4-18 可知，川燙 30 秒的空心菜所製成的葉綠素酒精溶液亮度值最低，而川燙 300 秒的則亮度值最高，而可以得知川燙 30 秒的空心菜葉綠素含量最高，川燙 300 秒則最低。

3. 總結

空心菜亮度值和葉綠素含量的關係為：空心菜亮度值越低、葉綠素含量越低；空心菜亮度值越高、葉綠素含量越高。

三、檢測同批空心菜川燙完浸泡不同調味料後，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量

(備註：川燙時間將會使用正式實驗一的結果 - 川燙 30 秒來進行實驗，而操縱變因只測量到 40 分鐘後，因為後面的下降幅度不明顯，甚至停止。)

(一) 實驗 2-1：莖部顏色亮度變化

1. 實驗照片

表 4-7 浸泡不同調味料的空心菜整理表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 10 分鐘	川燙完 20 分鐘	川燙完 30 分鐘	川燙完 40 分鐘
照片					

備註：空心菜莖部從左而右排序為，對照組(照片寫一般)、檸檬汁、白醋、小蘇打水、鹽水。

2. 實驗比較圖表

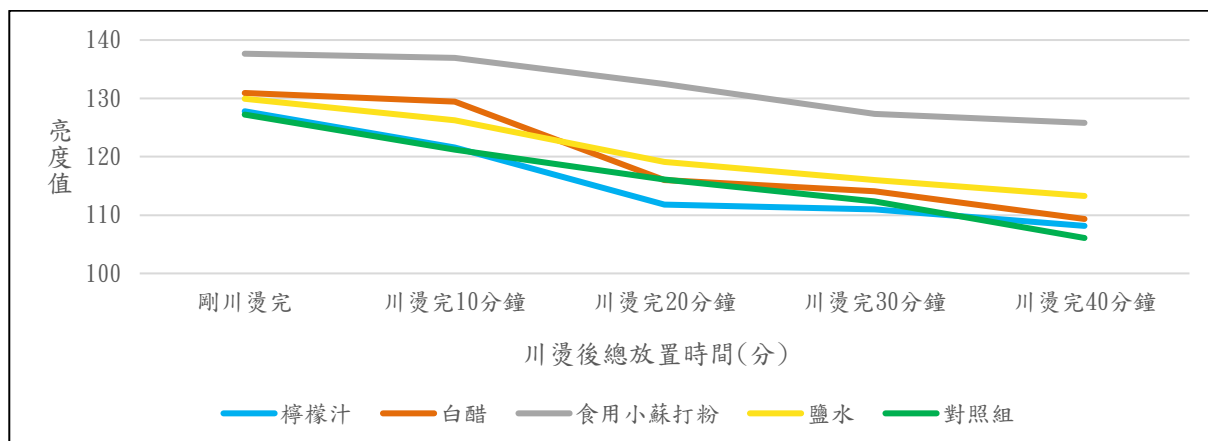
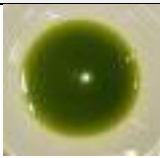
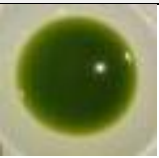
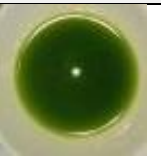


圖 4-19 實驗 2-1 亮度值比較圖表

(二) 實驗 2-2：RGB 數值推算葉綠素含量

1. 實驗照片

表 4-8 葉綠素溶液照片整理表

操縱變因 向度	檸檬汁	白醋	食用小蘇打水	鹽水
葉綠素溶液照片				

(備註：對照組因為實驗過程為川燙 30 秒、不浸泡任何溶液、放置 40 分鐘，與實驗一的川燙 30 秒葉綠素溶液相同，因此在此省略。)

2. 實驗比較圖表

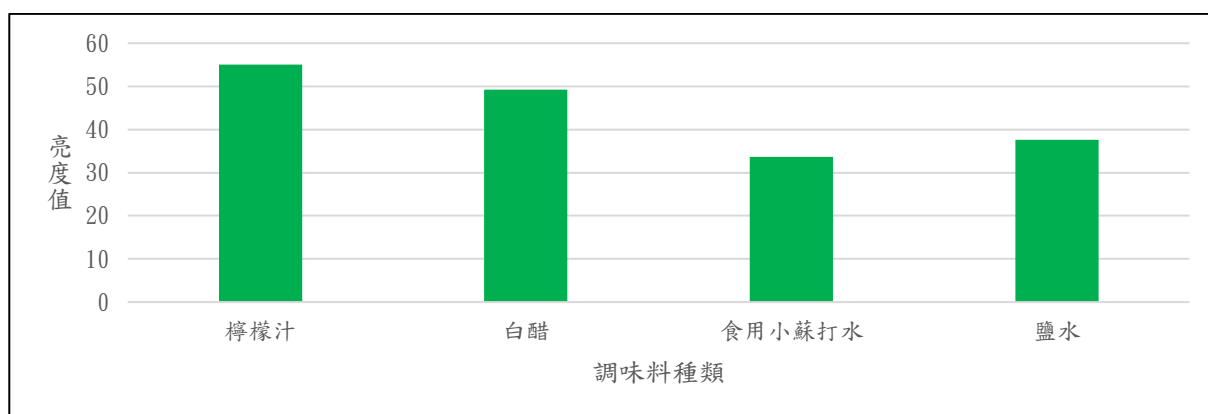


圖 4-20 葉綠素含量比較圖表

(三) 實驗結論

1. 莖部顏色亮度變化

(1)從圖 4-19 可知，食用小蘇打水亮度值在不同的時間下皆最高，而檸檬汁最後的亮度值雖稍高於對照組，但仍效果最差。

(2)從圖 4-19 中，我發現亮度值下降的幅度具有一定的原則，而我將我從圖 4-19 的觀察和推測整理成下表 4-10：

表 4-9 實驗二結論推測表

時段	剛川燙完 ~川燙完 10 分鐘	川燙完 10~20 分鐘	川燙完 20~30 分鐘	川燙完 30~40 分鐘
下降 幅度	下降幅度不明顯， 推測調味料控制了 空心菜變黑的情況	下降幅度較明顯，特別 是檸檬汁和白醋，推測 調味料漸漸無法控制變 黑，而檸檬汁和白醋的 控制能力更低	下降幅度趨緩，推測是因空心菜 變黑到達一定程度則維持原本顏 色，因而導致亮度值不再下降或 減少下降程度	

但是我發現浸泡鹽水的空心菜亮度值下降的幅度曲線近乎直線，幾乎都是等比例下降，對此我推測鹽水在一開始提高了空心菜的亮度值，並在一開始就控制變黑，所以之後才會等比例的下降。

2. 葉子葉綠素含量

從圖 4-20 可知，浸泡食用小蘇打水的心菜葉綠素溶液亮度值最低，代表葉綠素含量最高，而檸檬汁亮度值最高，代表葉綠素含量最少。

3. 總結

空心菜亮度值和葉綠素含量的關係和實驗一的實驗結果相同：亮度值越低、葉綠素含量越低；亮度值越高、葉綠素含量越高。

四、檢測同批空心菜川燙完浸泡不同溫度的水下，呈現的莖部顏色亮度變化和葉子葉綠素含量

(一) RGB 莖部顏色亮度變化：

1. 實驗照片

表 4-10 RGB 莖部照片及亮度值紀錄表

操縱變因 向度	剛川燙完	川燙完 10 分鐘	川燙完 20 分鐘	川燙完 30 分鐘	川燙完 40 分鐘
照片					
對照組亮度值 (估算)	120.042	110.317	105.167	104.496	102.064
溫水(25℃)亮度值 (估算)	123.242	123.242	123.053	121.182	120.01
冰塊水(4℃)亮度值 (估算)	127.097	136.847	138.67	131.738	129.839

備註：空心菜莖部照片由左到右依序為：對照組、溫水(25℃)、冰塊水(4℃)。

2. 實驗記錄圖表

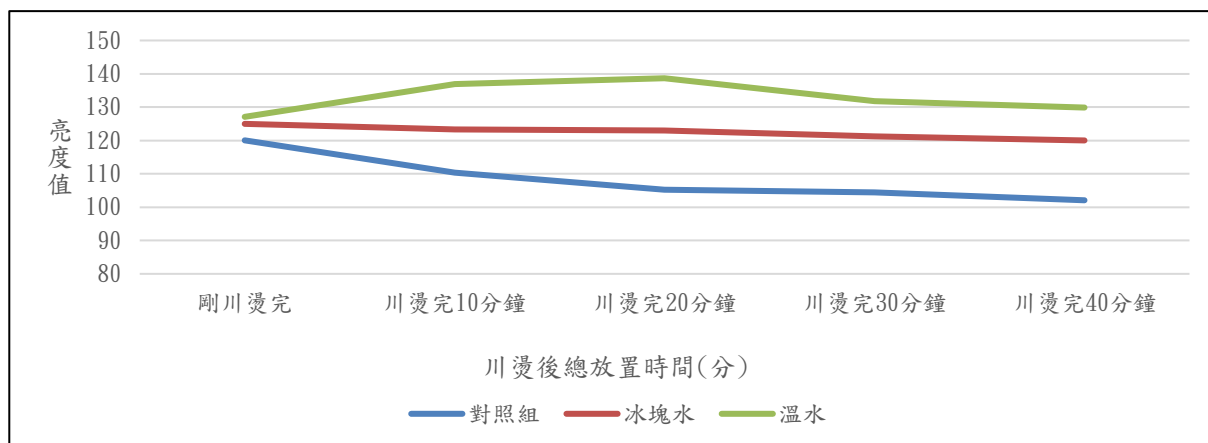
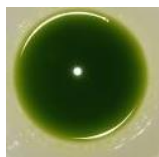


圖 4-21 浸泡不同溫度的水莖部顏色亮度值比較圖表

(二)RGB 數值推算葉綠素含量

1. 實驗照片

表 4-11 葉綠素溶液照片整理表

操縱變因 向度	溫水(25℃)	冰塊水(4℃)
葉綠素溶液照片		

2. 實驗比較圖表

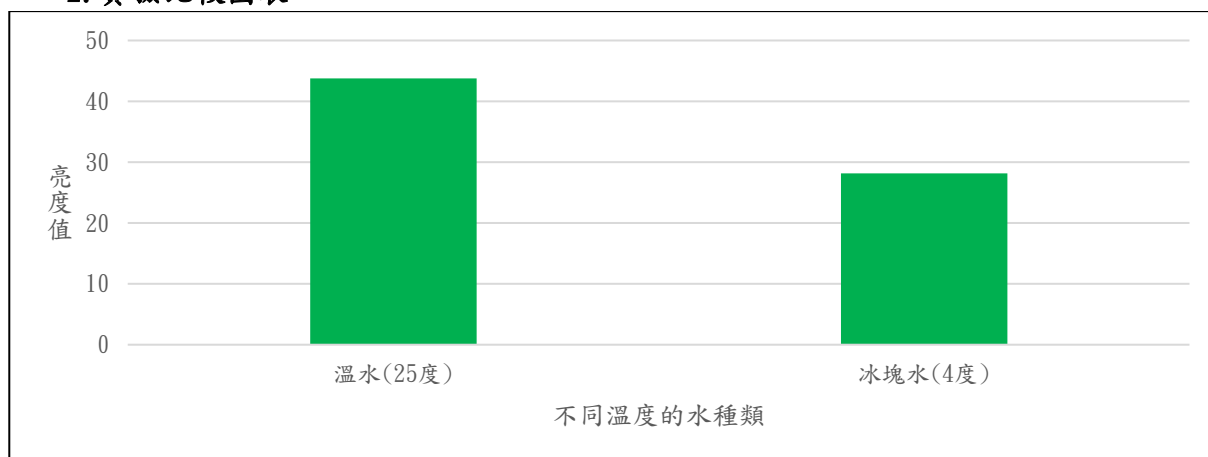


圖 4-22 葉綠素含量比較圖表

(三)實驗結論

1. 莖部顏色亮度變化

(1) 從表 4-10 的圖片中，我原本從肉眼看認為溫水往黃褐色發展，但實際測出來的亮度值卻非常高，所以我重新測量，並把所有測出來的顏色色碼編號複製貼上至瀏覽器查詢，下方是我查詢到的圖片(以川燙後 20 分鐘的空心菜照片測量)：

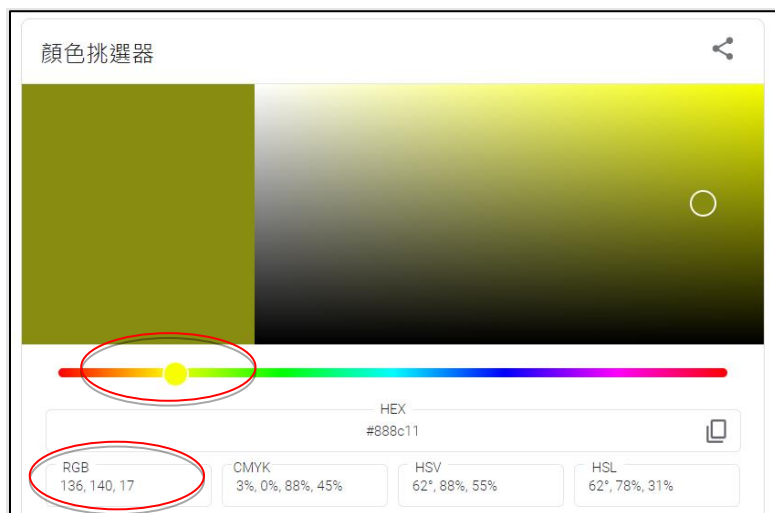


圖 4-23 冰水

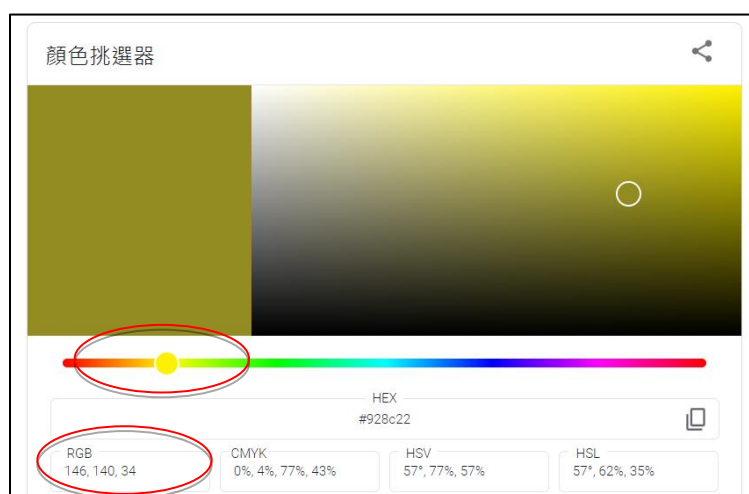


圖 4-24 溫水

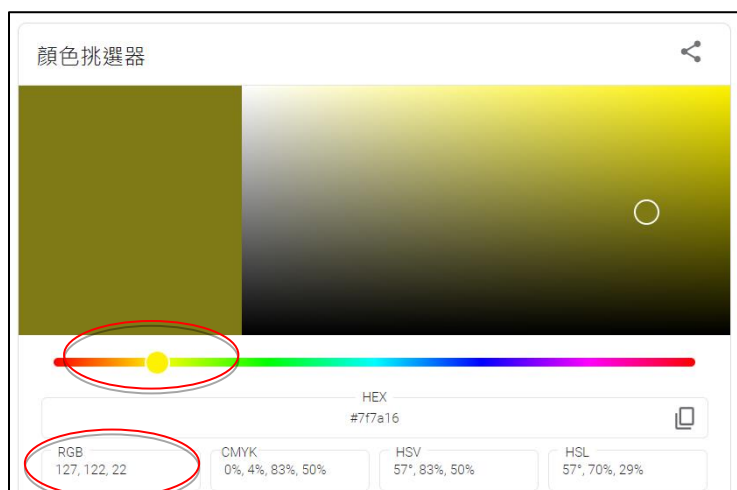


圖 4-25 對照組

從圖 4-23、4-24、4-25 中可看出，冰水的顏色較偏向綠色，而溫水的顏色朝著黃色發展，對照組則同時往黑色和黃色發展，但因為溫水的顏色較偏向亮黃色，所以亮度值才會較高。為了防止先前實驗也有這種「偏向黃色但 RGB

數值高」的案例，造成實驗不準確，且難以確定亮度值真假性，因此我將先前所有的色碼編號和顏色進行對比，結果皆為正確(往黑色發展)。

(2) 葉子葉綠素含量

圖 4-22 可知，浸泡冰水的空心菜葉綠素溶液亮度值最低，代表葉綠素含量最高，而溫水亮度值最高，代表葉綠素含量最少。

(3) 總結

空心菜亮度值和葉綠素含量的關係和實驗一、實驗二的實驗結果相同：亮度值越低、葉綠素含量越高；亮度值越高、葉綠素含量越低。

伍、討論

一、減緩變黑的方法

(一) 調味料 - 結果和文獻不一樣？

經過我研究後發現，食用小蘇打粉和食鹽的效果其實最為顯著且效果最好，但文獻推薦使用的調味料多為「檸檬汁和白醋」，以下是我推測的幾點原因：

1. 在文獻探討中我寫到使用該兩個調味料的原因為「控制鐵質」，但經過查詢後我發現，雖然空心菜鐵質在蔬菜中算高，但 100g 內平均僅有 3.1mg 的鐵，也和第一名-紅紫菜所含有的鐵差很多，差了 43.1mg，推測可能是「鐵質」這個因素並沒有特別明顯，導致使用檸檬汁和白醋的效果較差。
2. 可能是因為添加方式不同所導致，文獻的添加方式為「在川燙時加入調味料」，但因為在川燙時加入調味料有太多無法控制的變因，例如水流方向、滴入位置、攪拌方式等，為了減少變因影響實驗，所以我改成使用「川燙後浸泡調味料」，所以建議若使用浸泡法的人可以使用我的實驗結果 - 食用小蘇打粉，而想在炒菜或川燙蔬菜時添加的人則可以參考文獻，也建議想研究類似題目的人可實驗使用文獻添加方式時，效果最好的調味料為何？

(二) 川燙時間

在進行實驗一(改變川燙時間)的時候，我發現空心菜隨著川燙得越久，川燙空心菜的水變得愈來愈綠，推測水之所以會變綠是因為空心菜內的葉綠素溶出，而川燙越久的空心菜，溶出的葉綠素越多且水也變得更綠，同時這個現象也可以用實驗 1-2 結論來解釋，因此這個發現也更支持了實驗 1-2 的結論和實驗一的總結 - 若空心菜亮度值越低(越暗)，則葉綠素越少；亮度值越高(越亮)代表葉綠素越多。

(三) 溫度

我在設計實驗時，本來想加入「川燙水溫」當成其操縱變因，但查詢資料後發現在水溫低於 100 度(沸騰)時，蔬菜不一定能完全煮熟，那麼就算實驗結果出爐，也無法實際應用於生活中，因此我才改為「在川燙完青菜後再將青菜放入不同溫度的水內」。而我最後得出的結論為：冰水效果最佳。

二、空心菜不只可能變黑、也有可能變黃，亮度值會不會不準確？

我在實驗三發現一個問題，如同小結所說，浸泡溫水的空心菜明明肉眼看是偏黃，但亮度值卻很高，這讓我覺得很奇怪，是亮度值不準確嗎？還是純粹肉眼太主觀？於是我把色碼貼上到 Google 查詢，而 Google 的顏色挑選器顯示了色碼的顏色、色調和 RGB 數值等資訊，

我發現溫水的顏色色調偏向亮黃色，難怪亮度值顯示很亮，但其實是偏向黃色，而不是翠綠色，所以我才去審視了之前測出的色碼到底是真正翠綠還是亮黃色，幸好最後檢查後無誤。

三、空心菜變黑的因素

很多文獻中提到空心菜變黑的原因是因為蔬菜內的鐵質導致氧化，但我從研究中發現，鐵質和空心菜變黑一點關係都沒有，同時某科展作品結論也得出蔬菜變黑和鐵質無關。從我的研究結論與該科展作品結論中，我整理了兩種使空心菜變黑的原因。分別是單寧和葉綠素。兩種物質產生反應的原因不同，因為反應而改變的顏色也不一樣，以下是我從資料中整理出的變黑因素說明表：

表 5-1 空心菜變黑因素的向度比較表

向度 因素	產生反應原因	兩者產生反應容易度 比較	反應後顏色變化
1. 單寧	接觸高溫或酸性(高溫較明顯)	較不容易	變黑
2. 葉綠素	化性不穩定，最容易被酸性、高溫刺激	化性不穩定，容易受到外界破壞	變黃

上表的資料整理也可以解釋我的每個實驗之空心菜變黑情形，以下是我的分析：

表 5-2 實驗中空心菜變黑原因分析表(參考表 5-1 資料進行分析)

向度 實驗		實驗一		實驗二		實驗三		
		川燙 30 秒	川燙 300 秒	酸性調味料	鹼性調味料	冰水	溫水	熱水(對照組)
顏色變化(川燙完)	前	綠變黑	綠變黑	綠變黃	綠變黑	綠變黑	綠變黃	綠變黑
	中	變黑	變黑	黃變黑	變黑	變黑	變黃	變黑
	後	變黑	變黑	變黑	變黑	變黑	黃變黑	變黑
受高溫時長(秒)		30	300	30	30	30	30+	30+120
於草酸(酸性)環境時長(秒)		30	300	30+120(浸泡酸性調味料)	30	30	30	30
推測變黑/黃主要原因		單寧	單寧	葉綠素	單寧	單寧	葉綠素	單寧和葉綠素
亮度值最高/最低原因(各實驗個別進行比較)		於高溫和酸性環境時間最短	於高溫和酸性環境時間最長	接觸酸最久，導致葉綠素受刺激	酸鹼中和	接觸高溫短，又用冰水降溫	接觸熱	接觸過熱環境導致兩者同時反應

陸、 結論

一、 結論

- (一)本研究發現如果燙青菜時，希望在給顧客食用前減少變黑的情形，控制空心菜減緩變黑最好的烹煮方式為川燙 30 秒，並在川燙後加入冰的食用小蘇打水。
- (二)空心菜變黑情況和葉綠素流失具有一定關係，若空心菜亮度值越低(越暗)，則葉綠素越少；亮度值越高(越亮)代表葉綠素越多。
- (三)若使用「浸泡」方式添加調味料，則鹼性調味料效果較好。

二、 建議未來研究方向

- (一)可以嘗試使用不同的肥料種植空心菜，並測試哪一種肥料種植的空心菜變黑速度最慢。我本來也有要製作此實驗，但是因為種植的時候是在冬天，又遇上寒流，導致空心菜的高度經過一個半月後仍然只有 3 公分，無法抽高，因此也建議研究者必須選擇夏、秋季節種植或種植於溫室內。
- (二)可研究水量是否會影響空心菜變黑情況。
- (三)可研究能最控制空心菜變黑情況的調味料與水的精準比例。

柒、參考文獻資料

壹讀(2018/04/13)。終於知道：炒空心菜變黑，其實是這 2 個原因！

<https://read01.com/E8NGaRR.html>

怎樣用 rgb 三元組理解色相、亮度和飽和度？

<https://www.getit01.com/p20180406526526500/>

台部落(2020/06/26)。根據 RGB 計算亮度

<https://www.twblogs.net/a/5ef56c408b18b803d2c9dee3>

挑選圖片上的顏色，線上擷取色彩，色碼查詢(RGB, HEX, CMYK)

https://www.ginifab.com.tw/tools/colors/color_picker_from_image.php

Adobe。Adobe Color：調色盤產生器

<https://color.adobe.com/zh/>

TRY 科學(2020/09/16)。樹葉為什麼會變色？葉綠素與天然色素

https://www.youtube.com/watch?v=AGa3HtlkG_Q

聯合報－元氣網(2019/07/01)。專業 5 招教你炒出一盤青脆不變黑的空心菜

<https://health.udn.com/health/story/6037/3903056>

捌、研究心得

剛開始，其實是爸爸幫我想到這個題目，後來題目的製作和發展遇到了問題，甚至還想過換成人文的主題，但最終還是回到最初、跟著我走了一段路的空心菜。原本的實驗要種植空心菜，但後來又因為冬天寒流，1個月只長高不到3公分，才將研究目的改了一回。雖然遇到許多難關，也曾累到連報告都不想碰，甚至春節都還在做實驗，但從中也學到許多技巧和學習，做完的那一刻更得到許多成就感，畢竟這是首次自己完成一份完整報告的感覺啊！

從最初尋思題目到完成作品，一路走來的點點滴滴十分辛苦，我也要感謝家人和老師的支持和勉勵。首先感謝我的爸爸，總是陪在我的身邊做實驗，還會跟我討論實驗的作法和採買實驗材料，能夠完成這份報告也是因為有他的心血和幫助。再來感謝亭雅老師，他從很遠的國小來到土城國小，只為了提點我報告需要修改的地方，也會和我討論一些實驗進行的方式，有了老師的指導和協助，我的報告結構和內容也變得更加深入與清晰、更加完整！

一分耕耘、一分收穫，這次的歷程是我重要的回憶和經驗，也是我未來的養分，從中雖然失去許多玩樂的時間，但也獲得了許多難忘的回憶和技巧。期望未來的我更加精進、努力，往更開闊的世界飛翔！