

屏東縣第 65 屆國中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：「酵一酵」讓水培蔬菜更美味

關 鍵 詞：環保酵素、水培植物、萵苣

編號：A4021

目錄

摘要.....	01
前言.....	01
研究動機.....	01
研究目的.....	01
研究架構圖.....	02
文獻探討.....	02
研究設備及器材.....	03
研究方法、過程、結果與研究討論.....	04
討論.....	26
結論.....	29
研究心得.....	30
參考資料.....	30

摘要

所有植物都需要適度的補充肥料才能生存，在傳統的園藝和耕作中，植物需從土壤和肥料（如堆肥或化肥）中獲得養分，但在水培，因植物不在土壤中生長，所以必需直接透過營養液提供植物生長所需的養分。我們發現在製作環保酵素的過程中如添加了「養樂多」，則發酵期間可以縮短至 1 個月；我們分別以地瓜葉、高麗菜葉、紅心芭樂、香吉士皮、香蕉皮和養樂多等原料做成的環保酵素，PH 值都小於 7，是屬於酸性溶液，而糖度的大小差異也很大；我們利用環保酵素當作水培的營養液來種植蔬菜，並觀察不同的環保酵素對蔬菜生長的影響，以自製的酵素稀釋液浸泡再噴灑綠豆，長出的綠豆芽平均長度明顯都比單純以自來水浸泡再噴灑的綠豆芽還要長，但糖度明顯較低；以自製環保酵素當水培養液種植萵苣，有加養樂多發酵的酵素液明顯比沒加養樂多發酵的酵素液長得更好，但是以自製環保酵素當水培養液，因有微生物的生長，根部容易生成黏膜，造成萵苣後期無法吸收足夠養分，導致只能緩慢成長卻無法茁壯。

壹、前言

一、研究動機

三年級時看哥哥種植綠豆完全沒有用到土壤，覺得很新奇，查資料才知道原來植物除了傳統土耕，還有水培栽植法。因為家中從事保麗龍製造，有機會接觸到水培蔬菜的業者，經由家人協助與聯繫，我實地參訪水培蔬菜的農場，在老闆的解說下，讓我對於水耕栽培有新的認知；回家後，爸爸問我有沒有興趣在家嘗試種植，家中剛好有水耕栽培需要的容器，當下，閃過一個念頭，現在環保酵素這麼盛行，何不嘗試用環保酵素當營養液？剛好學校也要繳交自由研究報告，而且報告內容如果夠完整還能參加科展，一想到這裡，嘴角不自覺上揚。二話不說，立馬請爸爸帶我去買種子，我要讓餐桌上的蔬菜多了一味～【發酵後的美味】，吃在嘴裡，甜在心裡。

作品與教材相關性（教學單元）：南一版自然科學 五上 第五冊 第二單元 植物世界

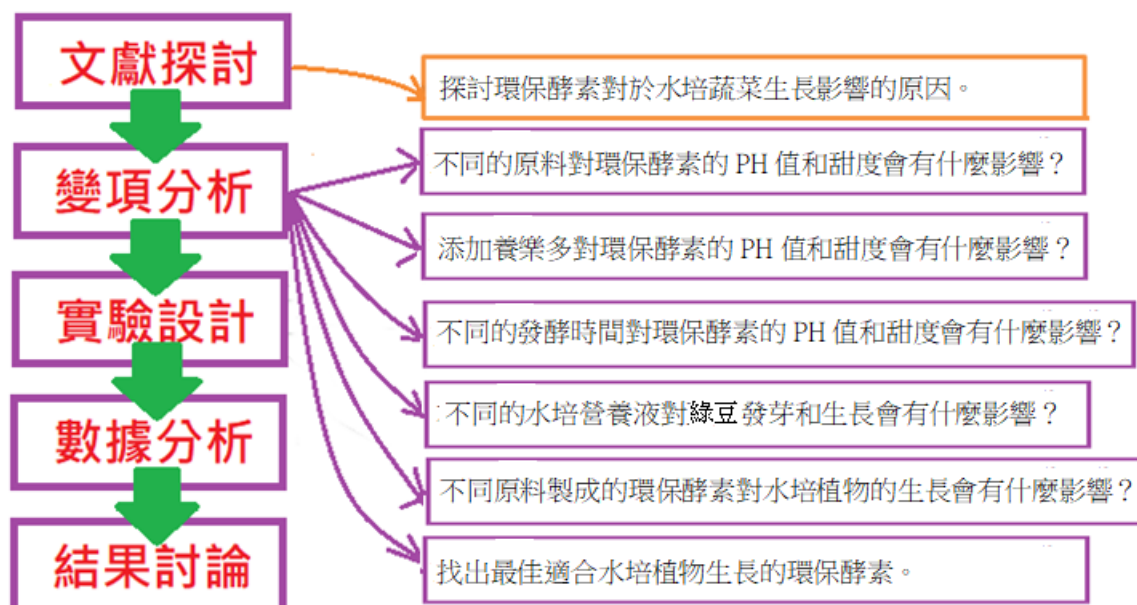
二、研究目的

我們想要研究環保酵素對於水培蔬菜生長的影響，驗證「天然 A 尚好」，環保兼具美味。因此，我們想要研究以下幾個項目：

一、不同的原料對環保酵素的 PH 值和甜度會有什麼影響？

- 二、添加養樂多對環保酵素的 PH 值和甜度會有什麼影響？
- 三、不同的發酵時間對環保酵素的 PH 值和甜度會有什麼影響？
- 四、不同的水培營養液對綠豆發芽和生長會有什麼影響？
- 五、不同原料製成的環保酵素對水培植物的生長會有什麼影響？
- 六、找出最佳適合水培植物生長的環保酵素。

三、研究架構圖



四、文獻探討

環保酵素是一種果皮蔬菜廚餘酵素，通稱為「垃圾酵素」，是由泰國的樂素昆博士 (Dr Rosukon)，經過 30 多年努力所研發的。環保酵素以 1：3：10 的比例，混合了糖、廚餘和水，經過天然菌種三個月以上的發酵後，才可以使用，也有以 1：3：6 的比例製作環保酵素，只是這樣的配方所做成的環保酵素酸性比較強，不能直接使用；而經過天然菌種發酵後的環保酵素是種棕色液體，除了帶有柑橘味芳香與刺激的氣味，液體內更含有豐富的酵素、微生物、有機酸和許多的小分子營養物質，環保酵素裡的酵素主要作用在於分解大分子營養物質為小分子營養物質，而環保酵素所含的微生物以酵母菌、醋酸菌和乳酸菌等三大優勢菌種為主，其他尚有芽孢桿菌、黴菌等上百種菌種；至於環保酵素液裡所富含的有機酸主要以乳酸、醋酸、檸檬酸、蘋果酸和琥珀酸等五大有機酸為主，這些有機酸為天然菌種提供了有利的生長環境，並且在低 PH 值的條件下，有效抑制金黃色葡萄球菌等多種有害菌種的生長；環保酵

素中的小分子物質主要是單醣、脂肪酸、胺基酸、多肽、寡糖和礦物質等，因為這些小分子物質都是廚餘等經由酵素的分解成小分子物質，幾乎都已變成植物可以直接利用的小分子形式，所以環保酵素能做為肥料迅速被植物所吸收，如在一大片的農地，能用環保酵素灌溉，四個月後這片農田就會變成一片讓蔬菜長得非常茂盛的菜田，因為環保酵素能將氨（阿摩尼亞）轉化成為硝酸鹽（NO₃），為植物提供肥料與營養；但是，如要把環保酵素當農作物肥料使用，千萬不可以直接使用，需要經過適當的稀釋，加水稀釋 100~1000 倍，就可當有機肥料來使用，可以改善蔬果品質和增加產量。連續將環保酵素澆在土地上 3 個月，可改善土質，讓土地重現生機，貧瘠地轉變為肥沃的土地；而且，有用酵素液灌溉的作物，樹葉比較健康，植物會較快長高長大；這正是我們研究探討環保酵素對於水培蔬菜生長影響的原因。

貳、研究設備與器材

一、研究器材

				
綠豆	養樂多	花寶 5 號	萵苣	紅糖
				
香蕉	香吉士皮	紅心芭樂	地瓜葉	高麗菜葉

二、實驗設備

				
---	---	---	--	---

鐵鍋(高溫消毒)	電子秤	豆芽培養皿	糖度計	4L 塑膠桶
				
5 合 1 水質檢測筆	量杯	水培瓶	噴霧器	舒跑

參、研究方法、過程、結果與研究討論

一、前置作業

1、製作酵素前的準備

(1)上網搜尋環保酵素的製作方法

環保酵素的製作方法：將糖、廚餘和水以 1：3：10（5～10）的比例，裝進一個密封塑膠桶，不能裝滿，要留出 1/3 的空間，因為發酵過程會產生二氧化碳氣體，第一個月每天要打開瓶蓋排氣並攪拌一下，從第二個月開始就不用放氣了，經過三個月以上的發酵後，環保酵素就完成。發酵後的環保酵素是成棕色液體，帶有柑橘味的芳香與刺激的氣味；製作環保酵素所需原料的黃金比率—糖、廚餘和水的比例為 1：3：10，水的部分可以為黑糖的 5～10 倍重，水的分量越少則環保酵素液酸性越強。

(2)準備製作環保酵素所需材料

經討論，我們想做酸度強一點的環保酵素，依據我們找到的文獻資料，我們決定以將糖、廚餘和水以 1：3：6 的比例，裝進一個密封塑膠桶，做一種酸性比較強的環保酵素，因此，我們開始討論製作環保酵素所需要的材料，因為糖的主要作用是提供微生物的養分，過多或是太少都會影響微生物的生長，老師建議我們用紅糖或黑糖，剛好家裡的櫃子裡有好幾包的媽媽煮茶用的紅糖，所以我們就決定用紅糖來做原料；材料之一的廚餘我們決定用新鮮的果皮和蔬菜，新鮮果皮分別以香蕉皮、香吉士果皮、紅心芭樂等作材料，新鮮的蔬菜則選擇常見的地瓜葉和高麗菜做材料；至於加的水量以添加紅糖重量的 6 倍原則。

二、實驗方法、過程、結果與討論

研究一、不同的原料對環保酵素的 PH 值和甜度的影響。

問題一、不同的原料對環保酵素的 PH 值和甜度會有什麼影響？

實驗 1-1、觀察並記錄不同原料製成的環保酵素發酵的情形。

(研究方法)

- 1.分別各取 600g 的地瓜葉、高麗菜葉、香吉士果皮、香蕉皮和紅心芭樂。
- 2.將步驟 1 的新鮮蔬果皮剝碎與撕碎，分別放入五個塑膠桶內，並標示材料名稱。
- 3.在步驟 2 的塑膠桶內各倒進紅糖 200g 和水 1200g。
- 4.在標籤上標示製作日期：113 年 9 月 8 日。
- 5.觀察並記錄後再將每桶材料每天都搖 100 下，連續搖 1 個月至 113 年 10 月 8 日。
- 6.接著放在陰暗處靜置 3 個月至 113 年 12 月 8 日止。

(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 6，觀察環保酵素第一個月發酵的狀況，以一週為一個週期，連續紀錄 4 個星期，將觀察結果記錄下來。



第一週 9/8-9/14 酵素觀察記錄

無添加 養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀 有無膨脹	無	無	無	無	無
開瓶時 有無氣聲	有 9/9	有 9/9	有 9/9	有 9/9 大量增加 9/11	有 9/9
酵素外觀	葉膨脹 9/9 葉爛膨脹 9/10 出水無氣泡 9/13 有酒味 9/13 有氣泡 9/14 酵素液深褐色偏黑 9/9	有細緻氣泡 9/9 看的到葉子 9/9	泥漿狀很像 咖哩 9/9 無氣泡 9/9	氣泡量多細緻 9/8 氣泡多 9/11	白色漂浮物 9/13 有氣泡 9/9 氣泡細量多 9/12 看到果肉 9/9
酵素味道	涼涼的薄荷味 9/9	醃泡菜味 9/10 酒香味 9/12	腐爛酸臭味 9/9 酒味 9/13	腐爛臭味 9/8 有酒味 9/13	酒香味 9/8

小結：

1.就酵素液的外觀來說(圖 1-1)，地瓜葉的酵素液有很多偏黑色的地瓜葉；高麗菜葉的酵素液除了有很多的氣泡外，也有很多高麗菜葉漂浮在酵素液上；香吉士皮的酵素液外表幾乎看不到有果皮漂浮在酵素液上，而且酵

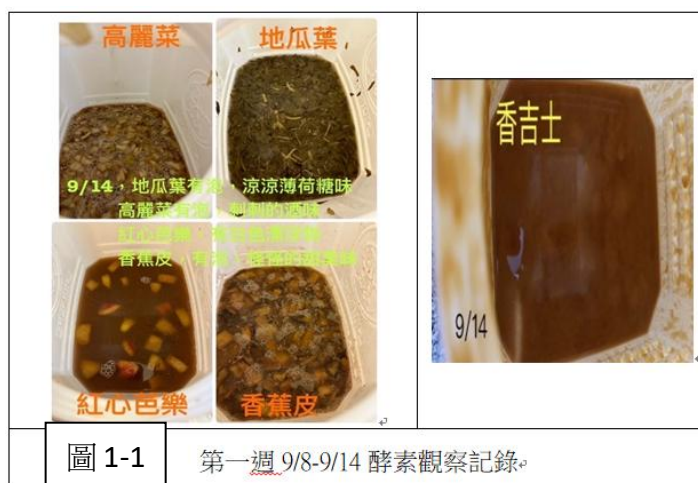


圖 1-1

第一週 9/8-9/14 酵素觀察記錄

素液的整個外觀就像是咖哩一樣成泥漿狀；香蕉皮的酵素液還是可以看黑色香蕉皮漂浮在酵素液上，而且酵素液表面有很多的氣泡；紅心芭樂的酵素液也是可以看到很多白色漂浮物和果肉漂浮在酵素液上。

2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來有涼涼的薄荷味；高麗菜葉的酵素液聞起來像是醃泡菜味並帶點酒香；香吉士皮的酵素液聞起來腐敗酸酸的帶點酒味；香蕉皮的酵素液聞起來帶有酒味和臭臭腐爛味；紅心芭樂的酵素液聞起來有酸酸甜甜並帶點酒味。

3.就酵素液外表顏色來講，以地瓜葉的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香吉士皮的酵素液顏色也偏深褐色，其他三種的酵素液顏色都是咖啡色。

4.不論是高麗菜葉、地瓜葉、香吉士皮、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，都有聽到「氣」聲；但從瓶子的外觀卻看不到「有膨脹」的現象。

第二週 9/15-9/21 酵素觀察記錄

無添加養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀有無膨脹	無	無	無	無	無
開瓶時有無氣聲	無	有	有	無	無
酵素外觀	白色漂浮物 9/15 葉爛膨脹 9/15 無氣泡 9/15 大量氣泡 9/21	氣泡多 9/15 氣泡減少 9/21 看的到葉子 9/15	泥漿狀很像咖哩 9/15 塊狀變少 9/15 無氣泡 9/15 腐爛化成泥 9/21	氣泡多且細緻 9/15 無氣泡 9/19 白色大氣泡漂浮物 9/21 看不到香蕉皮 9/15	白色漂浮物 9/15 無氣泡 9/15 看的到果肉 9/15
酵素味道	涼涼的薄荷味 9/15	酒香味 9/15	腐爛酸臭味 9/15	酒味 9/13	濃厚酒香味 9/16

小結：

1.就酵素液的外觀來說(圖 1-2)，地瓜葉的酵素液可以看到很多白色漂浮物和偏黑色的地瓜葉；高麗菜葉的酵素液表面有很多的氣泡，也有高麗菜葉漂浮在酵素液上；香吉士皮的酵素液幾乎看不到果皮漂浮在酵

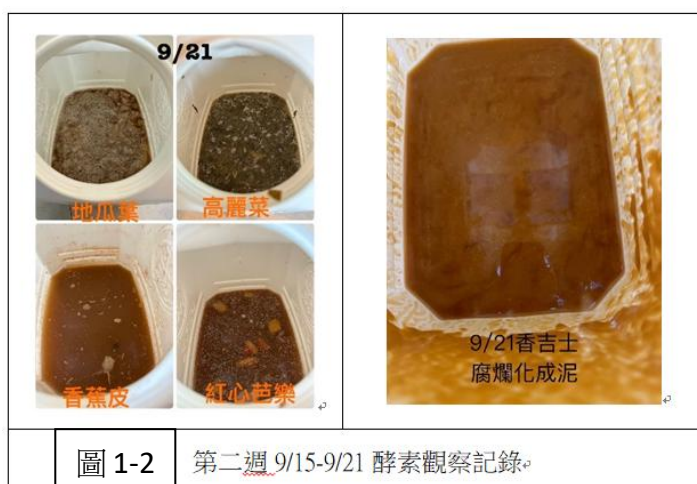


圖 1-2 第二週 9/15-9/21 酵素觀察記錄

素液上；香蕉皮的酵素液可以看白色漂浮物漂浮在酵素液上，也有少數黑色香蕉皮漂浮在酵素液上；紅心芭樂的酵素液可以看到很多白色漂浮物和果肉懸浮在酵素液上。

2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來涼涼的；高麗菜的酵素液聞起來有酒味；香吉士皮的酵素液聞起來帶有臭酸味；香蕉皮的酵素液聞起來帶有些酒味；紅心芭樂的酵素液聞起來帶點酒味。

3.就酵素液外表顏色來講，以地瓜葉的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液，顏色也偏深褐色，其他三種的酵素液顏色都是較亮的咖啡色。

4.不論是地瓜葉、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，幾乎都聽不到「氣」聲，只有高麗菜葉和香吉士皮的酵素液仍可聽到「氣」聲，但五桶從桶子的外觀都看不到「有膨脹」的現象

第三週 9/22-9/28 酵素觀察記錄

無添加養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀有無膨脹	無	無	無	無	無
開瓶時有無氣聲	無	有	有	無	無
酵素外觀	大量且細的白色漂浮物 9/22 葉爛膨脹 9/22 無氣泡 9/22 白色漂浮物變灰白色 9/28	氣泡多 9/22 看的到葉子 9/22	泥漿狀很像咖哩 9/22 無氣泡 9/22 腐爛化成泥 9/22	無氣泡 9/22 有少量白色物質 9/22 看到黑色香蕉皮 9/22	無氣泡 9/22 少量白色漂浮物 9/24
酵素味道	涼涼臭臭 9/22	酒香味 9/22 泡菜味 9/22	腐爛酸臭味 9/22	酒味 9/22	濃厚酒香味 9/22

小結：

1.就酵素液的外觀來說(圖 1-3)，地瓜葉的酵素液仍然可以看到很多白色漂浮物和偏黑色的地瓜葉；高麗菜葉的酵素液表面有很多的氣泡和高麗菜葉；香吉士皮的酵素液外表幾乎看不到果皮漂浮在酵素液體上，

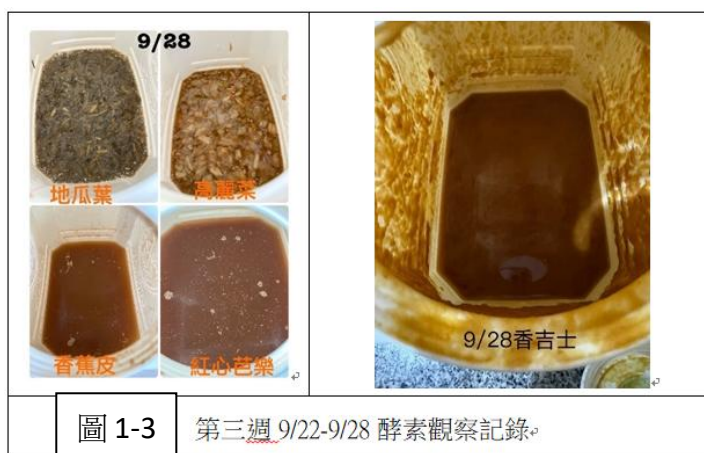


圖 1-3 第三週 9/22-9/28 酵素觀察記錄。

酵素液的外觀就像是泥狀的咖哩醬；香蕉皮的酵素液可以看白色漂浮物和少許氣泡漂浮在酵素液上，但看不到黑色香蕉皮漂浮在酵素液體上；紅心芭樂的酵素液已經看不到有果肉飄浮在酵素液上，也看不到有氣泡。

2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來涼涼臭臭的；高麗菜的酵素液聞起來有酒味；香吉士皮的酵素液聞起來帶有腐爛臭酸味；香蕉皮的酵素液聞起來帶有些酒味；紅心芭樂的酵素液聞起來帶點酒味。

3.就酵素液外表顏色來講，以地瓜葉所的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色，其他三種的酵素顏色都是較亮的咖啡色。

4.不論是地瓜葉、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，還是幾乎都聽不到「氣」聲，但是高麗菜葉和香吉士皮的酵素液還是可以聽到輕微的「氣」聲，但從瓶子的外觀還是看不到「有膨脹」的現象。

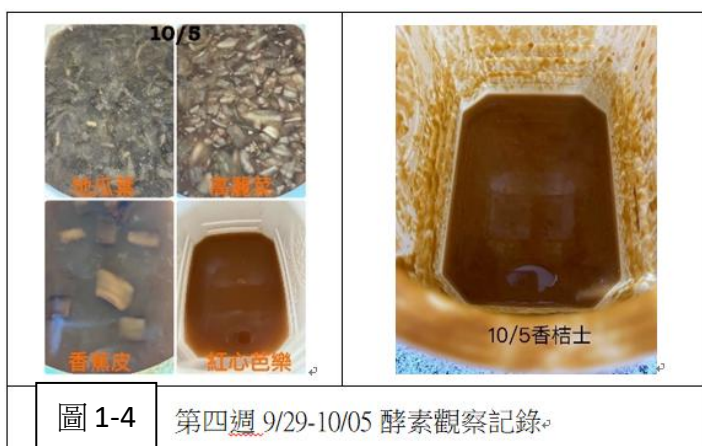
第四週 9/29-10/5 酵素觀察記錄

無添加 養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀 有無膨脹	無	無	無	無	無
開瓶時 有無氣聲	無	有	有	無	無
酵素外觀	酵素液呈灰黑色 表面有灰白色漂 浮物 9/29 葉爛膨脹 9/29 無氣泡 9/29 表面有白色點狀 漂浮物 10/2	氣泡多 9/29 看的到葉子 9/29	泥漿狀很像咖哩 9/29 無氣泡 9/29 腐爛化成泥 9/29	看到黑色 香蕉皮 9/29 泥漿狀很 像咖哩 9/29 無氣泡 9/29	泥漿狀很像咖哩 9/29 無氣泡 9/29

酵素味道	涼涼藥酒味 9/29	酒味泡菜 9/29	腐爛酸臭味 9/29	酒味 9/29	濃厚酒香味 9/29
------	------------	-----------	------------	---------	------------

小結：

1.就酵素液的外觀來說(圖 1-4)，地瓜葉的酵素液仍然可以看到有白色漂浮物；高麗菜葉的酵素液表面有很多的氣泡和高麗菜葉；香吉士皮的酵素液幾乎看不到果皮在漂浮，酵素液看起來就像是泥狀的咖哩醬；



香蕉皮的酵素液還是有少量的黑色香蕉皮在漂浮；紅心芭樂的酵素液有氣泡出現。

2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來像涼涼的藥酒；高麗菜的酵素液聞起來就像有酒味的泡菜；香吉士皮的酵素液聞起來酸酸的；香蕉皮的酵素液聞起來帶點酒味；紅心芭樂的酵素液聞起來帶點酒香味。

3.就酵素液外表顏色來講，以地瓜葉的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色，其他三種的酵素顏色都是較亮的咖啡色。

4.不論是地瓜葉、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，還是幾乎都聽不到「氣」聲；而高麗菜葉和香吉士皮的酵素液還是可以聽到輕微的「氣」聲，但從瓶子的外觀還是看不到「有膨脹」的現象。

實驗 1-2、比較不同原料製成的環保酵素發酵一個月後 PH 值和甜度的差異。

(研究方法)

- 1.113 年 10 月 8 日當天取實驗 1-1 所製成的五桶環保酵素。
- 2.從步驟 1 的每一桶環保酵素以吸管各取 50ml 環保酵素液倒進燒杯內。
- 3.以 5 合 1 水質檢測筆檢測步驟 2 的每種環保酵素液的 PH 值並記錄下來。
- 4.以糖度計檢測步驟 2 的每種環保酵素液的糖度值並記錄下來。

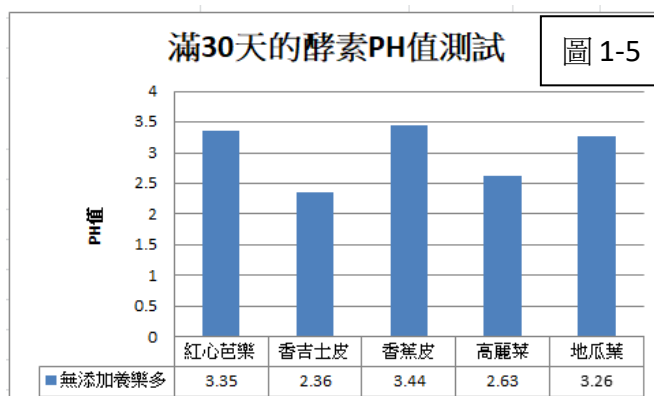
(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 4，觀察環保酵素經一個月發酵後的 PH 值和甜度的變化，將觀察結果記錄下來。

小結：

1.從右邊「滿 30 天的酵素 PH 值測試」的圖 1-5 可以發現：

- (1)以紅心芭樂為原料釀成的酵素液在經過一個月的發酵後的 PH 值為 3.35
- (2)以香吉士皮為原料釀成的酵素液在一個月的發酵後的 PH 值為 2.36。
- (3)以香蕉皮為原料釀成的酵素液在一個月的發酵後的 PH 值為 3.44。



(4)以高麗菜葉為原料釀成的酵素液在一個月的發酵後的 PH 值為 2.63。

(5)以地瓜葉為原料釀成的酵素液在一個月的發酵後的 PH 值為 3.26。

2.圖 1-5 的五種酵素液因 PH 值都小於 7，所以這五種材料釀成的酵素液在發酵一個月後都是呈酸性。

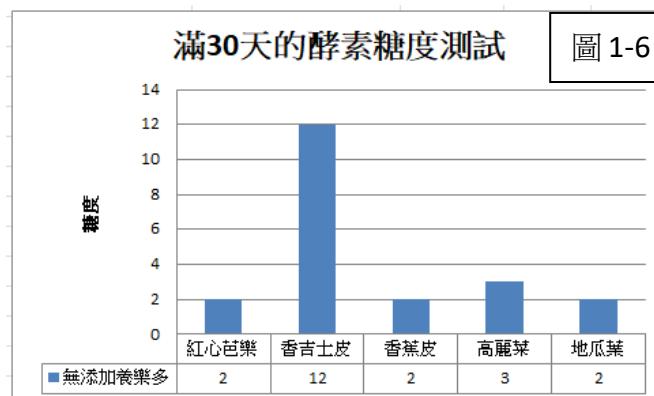
3.從「滿 30 天的酵素糖度測試」的圖 1-6 可以發現：

(1)以紅心芭樂為原料釀成的酵素液經過一個月的發酵後的糖度為 2°Bx。

(2)以香吉士皮為原料釀成的酵素液經過一個月的發酵後的糖度為 12°Bx。

(3)以香蕉皮為原料釀成的酵素液經過一個月的發酵後的糖度為 2°Bx。

(4)以高麗菜葉為原料釀成的酵素液經過一個月的發酵後的糖度為 3°Bx。



(5)以地瓜葉為原料釀成的酵素液經過一個月的發酵後的糖度為 2°Bx。

4.圖 1-6 中五種酵素液的糖度以香吉士皮所釀成的酵素液數值最大，其餘四種材料所釀成的酵素液數值偏小，代表以香吉士釀成的酵素液最甜，其餘四種材料所釀成的酵素液較不甜。

研究討論：

1.以地瓜葉、高麗菜葉、香吉士皮、香蕉皮和紅心芭樂等五種原料製成的環保酵素，在經

過一個月的發酵後的 PH 值都小於 7，都是屬於酸性溶液。

2.這五種原料所釀成的酵素液，其中又以香吉士皮釀成的酵素液 PH 值最小，代表以香吉士皮釀成酵素液的酸性比其他四種原料所釀成酵素液的酸性較強；以香蕉皮釀成的酵素液 PH 值較大，也就是以香蕉皮釀成酵素液的酸性比其他四種原料所釀成酵素液的酸性較弱，儘管如此，因這五種原料所釀成的酵素液 PH 值在 2.36~3.44 間，所以這五種原料所釀成的酵素液都是強酸。

3.這五種原料所釀成酵素液的糖度大小差異相當大，以香吉士皮所釀成的酵素液數值最大，達到 12°Bx；而其餘四種材料所釀成的酵素液數值偏小，只在 2°Bx~3°Bx 之間；代表以香吉士釀成的酵素液最甜。那要怎麼形容究竟有多甜呢？我們不可能直接拿起來喝，也不敢喝，所以我們參考「農委會訂 15 項水果品質標準」，根據標準，糖度達 12°Bx 的香吉士皮酵素液幾乎和我們一般常吃的芭樂一樣甜。

研究二、添加養樂多對環保酵素的 PH 值和甜度的影響。

問題二、添加養樂多對環保酵素的 PH 值和糖度會有什麼影響？

實驗 2-1、觀察並記錄添加養樂多後不同原料製成的環保酵素發酵的情形。

(研究方法)

- 1.分別各取 300g 的地瓜葉、高麗菜、香吉士果皮、香蕉皮和紅心芭樂。
- 2.將步驟 1 的新鮮蔬果皮剝碎與撕碎，並分別放入五個塑膠桶內，並標示材料名稱。
- 3.在步驟 2 的塑膠桶內各倒進紅糖 100g 和養樂多 100g，再加水 500g。
- 4.在標籤上標示製作日期：113 年 9 月 8 日。
- 5.觀察並記錄後再每天搖 100 下，連續搖 1 個月至 10/8。
- 6.接著放在陰暗處靜置 3 個月至 12/7 止。

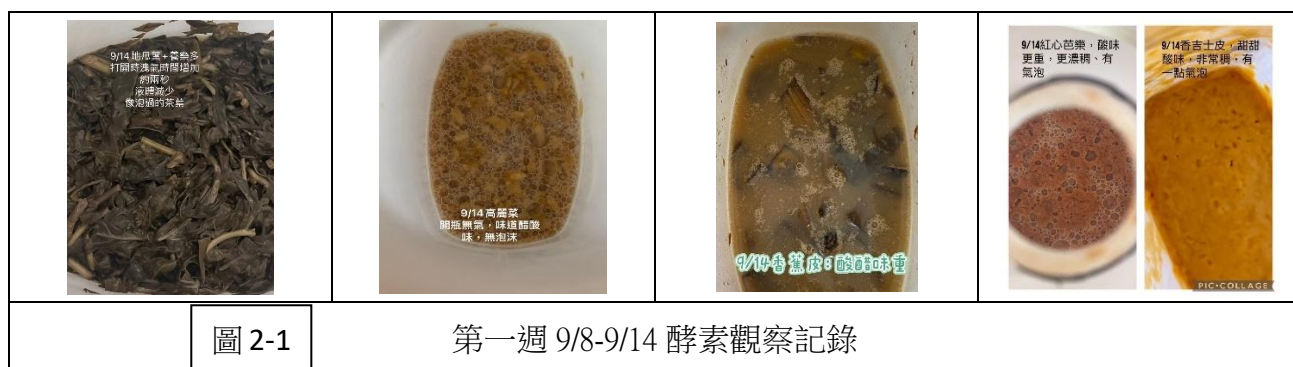
(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 6，觀察環保酵素第一個月發酵的狀況，以一週為一個週期，連續紀錄 4 個星期，將觀察結果記錄下來。



第一週 9/8-9/14 酵素觀察記錄

有添加 養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀 有無膨脹	無	無	膨脹	膨脹	無
開瓶時 有無氣聲	有氣聲 9/12 氣聲約 2 秒 9/14	有少量 9/8	有少量 9/11	少量 9/9	少量 9/9
酵素外觀	有黑色地瓜葉 9/8 有一層淡白色膜 9/10 無氣泡 9/11 發霉 9/12 液體減少 9/14	有高麗菜葉 9/8 氣泡多 9/9 氣泡減少 9/10 無泡沫 9/12	有一些氣泡 9/11 酵素液變濃稠 9/12	黑色香蕉皮 9/8 有氣泡 9/9 氣泡減少 9/12	有泡泡 9/9 大量泡泡 9/12 酵素液變濃稠 9/14
酵素味道	食物腐敗臭味 9/9 味道更重 9/10. 臭臭味道 9/12	腐敗酸臭味 9/9 酸醋味 9/11	酸甜味 9/9 味道更重 9/13	酸臭味 9/9 味道更重 9/10 酸醋味 9/12 味道更重 9/13	酸醋味 9/9 味道更重 9/11



小結：

1.就酵素液的外觀(圖 2-1)來說，地瓜葉的酵素液有很多偏黑色的地瓜葉和有一層白色的薄膜；高麗菜葉的酵素液除了有氣泡大量減少外，還有很多高麗菜葉漂浮在酵素液上；香吉士皮的酵素液可以看到有一些氣泡漂浮著，酵素液也更濃稠；香蕉皮的酵素液還是可以看黑色香蕉皮漂浮在酵素液上，而且酵素液表面有些氣泡；紅心芭樂的酵素液也是可以看到很多氣泡漂浮在酵素液上。

- 2.就酵素液體的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來臭臭的；高麗菜葉的酵素液聞起來有酸臭味；香吉士皮的酵素液聞起來有酸甜味；香蕉皮的酵素液聞起來帶有些酸臭味；紅心芭樂的酵素液聞起來有酸醋味。
- 3.就酵素液外表顏色(圖 2-1)來講，以地瓜葉所的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色；其他三種的酵素液顏色都是較亮的咖啡色。
- 4.不論是高麗菜葉、地瓜葉、香吉士皮、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，都有聽到「氣」聲，其中以地瓜液釀成地酵素液「氣」聲較久，可推測產氣量較多；裝有香吉士皮和香蕉皮的酵素液從瓶子的外觀有「有膨脹」的現象，只有地瓜葉、高麗菜葉和紅心芭樂的酵素液的塑膠桶外表則依舊看不到有膨脹的現象。

第二週 9/15-9/21 酵素觀察記錄

有添加養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀有無膨脹	無	無	有	無	無
開瓶時有無氣聲	有，約 3 秒 9/15	無 9/15	有	無	有
酵素外觀	液體減少 9/14 酵素液好像被吸乾了 9/15 無氣泡 9/15 看到完整的葉子 9/15 酵素液呈咖啡色偏淡 9/15	高麗菜葉子 9/15 無泡沫 9/15 咖啡色 9/15	無氣泡 9/15 濃稠 9/15 咖啡色 9/15	黑色香蕉皮 9/15 有白白的細小漂浮物 9/15 有大量氣泡 9/16 氣泡減少 9/19 灰褐色帶點咖啡色 9/19 剩少量泡泡/21	大量泡泡 9/15 咖啡色 9/15 氣泡減少許多 9/20 極細緻小氣泡 9/20 變濃稠 9/21 沒氣泡 9/21
酵素味道	臭味減少 9/18 有清香味 9/18 酒酸味 9/20	酸醋味 9/15 酸臭味 9/18	甜酸味 9/17 味道更重 9/19	酸醋味 9/16 味道更重 9/21	酸醋味 9/17 醋酸味更重 9/19

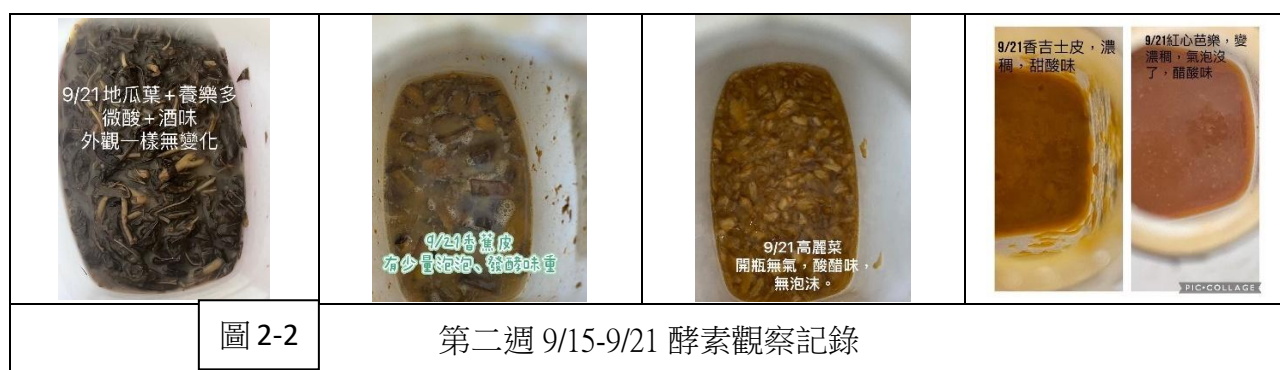


圖 2-2

第二週 9/15-9/21 酵素觀察記錄

小結：

- 1.就酵素液的外觀(圖 2-2)來說，地瓜葉的酵素液有很多偏黑色的地瓜葉，酵素液明顯減少，也看不到氣泡；高麗菜葉的酵素液也看不到氣泡，但還有很多高麗菜葉漂浮在酵素液上；香吉士皮的酵素液看不到氣泡漂浮著，而酵素液也更濃稠；香蕉皮的酵素液還是可以看黑色香蕉皮和白白的細小漂浮物漂浮在酵素液上，而且酵素液表面有很多氣泡但迅速減少；紅心芭樂的酵素液也是可以看到很多氣泡漂浮在酵素液上，但迅速減少，酵素液也變得較濃稠。
- 2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來不再臭臭的，反而有點香香的帶點酒酸味；高麗菜葉的酵素液聞起來有酸臭味；香吉士皮的酵素液聞起來有濃濃的甜酸味；香蕉皮的酵素液聞起來有濃濃的酸臭味；紅心芭樂的酵素液聞起來也有濃濃的酸醋味。
- 3.就酵素液外表顏色(圖 2-2)來講，以地瓜葉所的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色；其他三種的酵素液顏色都是較亮的咖啡色。
- 4.不論是地瓜葉、香吉士皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，都有聽到「氣」聲，其中以地瓜液釀成地酵素液「氣」聲較久，可推測產氣量較多；裝有香吉士皮的酵素液從瓶子的外觀有「有膨脹」的現象，但是地瓜葉、高麗菜葉、香蕉皮和紅心芭樂的酵素液的塑膠桶外表則依舊看不到有膨脹的現象。

第三週 9/22-9/28 酵素+養樂多觀察記錄

有添加 養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀 有無膨脹	無膨脹	無	有	無	無
開瓶時 有無氣聲	有	無 9/22	有	無	有
酵素外觀	看到地瓜葉 9/22 酵素液減少 9/22 酵素液呈淡咖啡色 9/22 白色點狀漂浮物 9/22 無氣泡 9/22 白色點狀漂浮物減少許多 9/25 少許大氣泡 9/26	無氣泡 9/22 淺咖啡色 9/22 出現大量泡泡 9/26 看的到葉子	濃稠 9/22 無氣泡 9/22 水分明顯少很多 9/23 咖啡色 9/26	少量白色懸浮物 9/22 無氣泡 9/22 咖啡色偏黑 9/22 白色懸浮物消失 9/24 少許細緻的泡泡 9/25 細緻泡泡減少 9/28	濃稠 9/22 少量細緻氣泡 9/22 咖啡色 9/22 沒有氣泡 9/23 幾乎看不到果肉 9/23 水分減少 9/24

酵素味道	發酸的氣味 9/22	酸臭味 9/22	甜酸味 9/21 味更濃 9/25	味道難聞 9/25 酸臭味重 9/26	酸臭味 9/22 濃稠酸醋味 9/28
------	------------	----------	----------------------	------------------------	------------------------

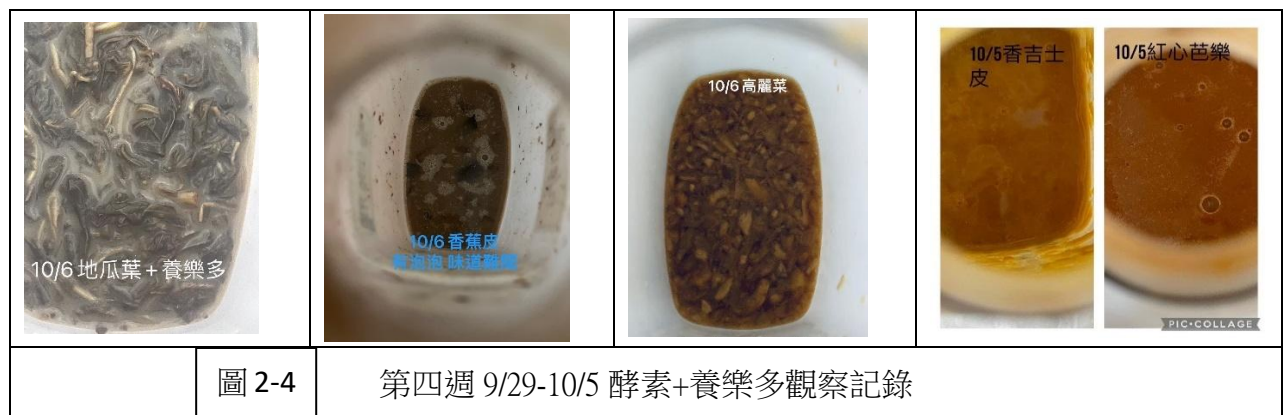


小結：

- 1.就酵素液的外觀(圖 2-3)來說，地瓜葉的酵素液有很多偏黑色的地瓜葉和白色點狀漂浮物，酵素液明顯減少，氣泡也很少；高麗菜葉的酵素液有很多氣泡，而且還有很多高麗菜葉漂浮在酵素液上；香吉士皮的酵素液也看不到氣泡，只有少量白色懸浮物漂浮著，但酵素液也更濃稠；香蕉皮的酵素液還是可以看到黑色香蕉皮和白白的細小漂浮物漂浮在酵素液上，而且酵素液表面有很少量的氣泡；紅心芭樂的酵素液也是看不到氣泡和果肉漂浮，酵素液減少也變得較濃稠。
- 2.就酵素液的氣味來說，地瓜葉的酵素液聞起來有點酸酸的味道；高麗菜葉的酵素液聞起來有酸臭味；香吉士皮的酵素液聞起來有濃濃的甜酸味；香蕉皮的酵素液聞起來有濃濃的酸臭味；紅心芭樂的酵素液聞起來也有濃濃的酸醋味。
- 3.就酵素液外表顏色(圖 2-3)來講，以地瓜葉所的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色；其他三種的酵素液顏色都是較亮的咖啡色。
- 4.不論是地瓜葉、香吉士皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，都有聽到「氣」聲；裝有香吉士皮的酵素液從瓶子的外觀有「有膨脹」的現象，但是地瓜葉、高麗菜葉、香蕉皮和紅心芭樂的酵素液的塑膠桶外表則依舊看不到有膨脹的現象。

第四週 9/29-10/5 酵素+養樂多觀察記錄

有添加 養樂多	地瓜葉	高麗菜葉	香吉士皮	香蕉皮	紅心芭樂
瓶子外觀 有無膨脹	無膨脹	無	無	無	無
開瓶時 有無氣聲	有氣聲	無	無	無	無
酵素外觀	酵素液淡咖啡色 9/29 表面白色點狀漂浮物 10/1 大氣泡上有白色薄膜 10/1 地瓜葉下沉 10/1 白色點狀漂浮物和白色薄膜消失 10/4	少許極細緻氣泡 9/29 咖啡色 9/29 泡泡消失 9/30 看的到葉子	咖啡色 9/29 無氣泡 9/29 沒看到果皮 9/29 濃稠 10/2	黑色香蕉皮 9/29 無氣泡 9/29 白色漂浮物 9/29 深咖啡色 9/30 少許細緻的氣泡 10/1 氣泡消失 10/2 白色點狀漂浮物消失 10/4	咖啡色 9/29 無氣泡 9/29 完全沒看到果肉 9/29 濃稠 9/29
酵素味道	酸酸的 10/1	酒味泡菜 9/29 酸臭味	腐爛酸臭味 9/29 酸酸味	酒味 9/29 臭味變淡	濃厚酒香味 9/29



小結：

- 1.就酵素液的外觀(圖 2-4)來說,地瓜葉的酵素液有很多偏黑色的地瓜葉和白色點狀漂浮物,氣泡上也有白色薄膜,地瓜葉也下沉許多;高麗菜葉的酵素液有少量很小氣泡,而且還有很多高麗菜葉漂浮在酵素液上;香吉士皮的酵素液也看不到氣泡和果皮,酵素液也較濃稠;香蕉皮的酵素液還是可以看黑色果皮和白白的細小漂浮物漂浮在酵素液上,而且酵素液表面有很少量的氣泡;紅心芭樂的酵素液也是看不到氣泡和果肉漂浮,酵素液減少也變得較濃稠。
- 2.就酵素液的氣味來說,地瓜葉的酵素液聞起來有點酸酸的味道;高麗菜葉的酵素液聞起

來有酸臭味；香吉士皮的酵素液聞起來有濃濃的甜酸味；香蕉皮的酵素液聞起來酸臭味變淡了，反而有點酒香味；紅心芭樂的酵素液聞起來也有濃濃的酒香味。

3.就酵素液外表顏色(圖 2-4)來講，以地瓜葉所的酵素液顏色最深，呈深褐色偏黑；其次是香蕉皮的酵素液顏色也偏深褐色；其他三種的酵素液顏色都是較亮的咖啡色。

4.不論是高麗菜葉、香吉士皮、香蕉皮還是紅心芭樂的酵素液，在搖 100 下後再稍稍打開瓶蓋通氣，都沒有聽到「氣」聲，只有地瓜葉的酵素液有聽到「氣」聲；裝有的酵素液從瓶子的外觀也都沒有「有膨脹」的現象。

實驗 2-2、比較添加養樂多後不同原料製成的環保酵素發酵一個月後 PH 值和糖度的差異。

(研究方法)

- 1.113 年 10 月 8 日當天取實驗 2-1 所製成的五桶環保酵素。
- 2.從步驟 1 的每一桶環保酵素以吸管各取 50ml 環保酵素液倒進燒杯內。
- 3.以 5 合 1 水質檢測筆檢測步驟 2 的每種環保酵素液的 PH 值並記錄下來。
- 4.以糖度計檢測步驟 2 的每種環保酵素液的糖度值並記錄下來。

(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 4，觀察環保酵素一個月發酵後的 PH 值和糖度的變化，將觀察結果記錄下來。

小結：

1.從「滿 30 天的酵素 PH 值測試」的圖

2-5 可以發現：

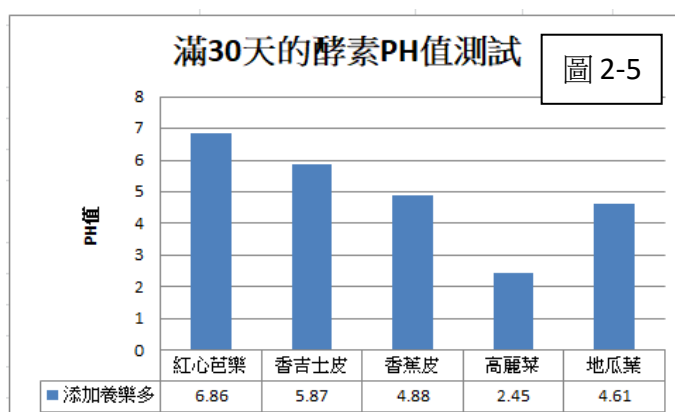
(1)添加過養樂多的紅心芭樂為原料做成的酵素液在一個月後的 PH 值為

6.86。

(2)添加過養樂多的香吉士皮為原料釀成的酵素液在一個月後的 PH 值為 5.87。

(3)以添加過養樂多的香蕉皮為原料釀成的酵素液在一個月後的 PH 值為 4.88。

(4)以添加過養樂多的高麗菜葉為原料釀成的酵素液在一個月後的 PH 值為 2.45。



(5)以添加過養樂多的地瓜葉為原料釀成的酵素液在一個月後的 PH 值為 4.61。

2.圖 2-5 中添加過養樂多的香蕉皮、高麗菜葉和地瓜葉、香吉士皮所釀成的酵素液因 PH 值都小於 7，所以是酸性溶液；添加過養樂多的紅心芭樂釀成的環保酵素 PH 值較大接近 7，幾乎是中性。

3.從「滿 30 天的酵素糖度測試」的圖 2-6 可以發現：

(1)添加過養樂多的紅心芭樂為原料做成的酵素液在一個月後的糖度為 5°Bx。

(2)以添加過養樂多的香吉士皮為原料釀成的酵素液在一個月後的糖度為 14°Bx。

(3)以添加過養樂多的香蕉皮為原料釀成的酵素液在一個月後的糖度為 3°Bx。

(4)以添加過養樂多的高麗菜葉為原料釀成的酵素液在一個月後的糖度為 6°Bx。

(5)以添加過養樂多的地瓜葉為原料釀成的酵素液素在一個月後的糖度為 4°Bx

4.圖 2-6 的五種酵素液的糖度以添加過養樂多的香吉士皮所釀成的酵素液數值最大較甜，以添加過養樂多的香蕉皮所釀成的酵素液數值最小較不甜。

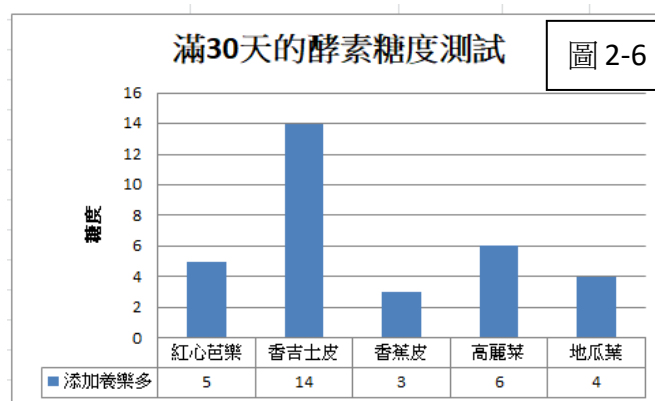


圖 2-6

研究討論：

1.添加養樂多的香蕉皮、高麗菜葉和地瓜葉、香吉士皮所釀成的酵素液因 PH 值都小於 7，所以是酸性溶液；添加養樂多的紅心芭樂釀成的環保酵素 PH 值較大接近 7，幾乎是中性。

2.這五種原料所釀成的酵素液，其中又以高麗菜葉加入養樂多釀成的酵素液 PH 值最小，只有 2.45，算是強酸的溶液；而以地瓜葉和香蕉皮再分別加入養樂多所釀成的酵素液的 PH 值在 4.61~4.88 間，代表溶液酸性雖強但不是強酸；而添加過養樂多的香吉士皮所釀成酵素液的 PH 值達 5.87，屬於弱酸溶液；添加過養樂多的紅心芭樂釀成的環保酵素 PH 值為 6.86，非常接近 7，幾乎是中性溶液。

3.這五種原料所釀成酵素液的糖度大小差異相當大，以添加過養樂多的香吉士皮所釀成的酵素液數值最大，達到 14°Bx；而其餘四種材料所釀成的酵素液數值偏小，只在 3°Bx~6°Bx

之間；也就是以香吉士釀成的酵素液最甜，那要怎麼形容究竟有多甜呢？我們也不可能直接拿起來喝，更不敢喝，所以我們參考「農委會訂 15 項水果品質標準」，根據標準，糖度達 14°Bx 的香吉士皮酵素液幾乎和我們一般常吃的棗子（但不是蜜棗）一樣甜。

研究三、不同的發酵時間對環保酵素的 PH 值和甜度的影響。

問題三、不同的發酵時間對環保酵素的 PH 值和甜度會有什麼影響？

實驗 3-1、比較不同發酵時間對環保酵素液 PH 值和甜度的影響。

（研究方法）

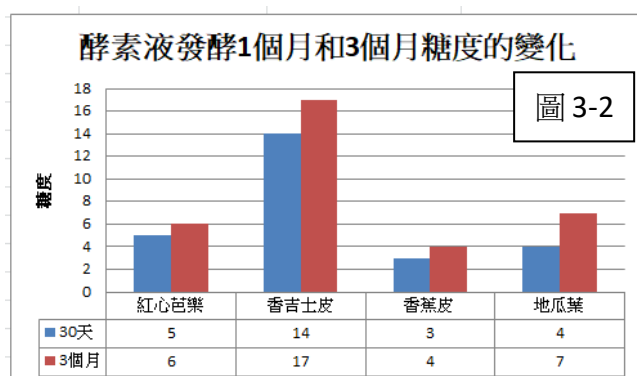
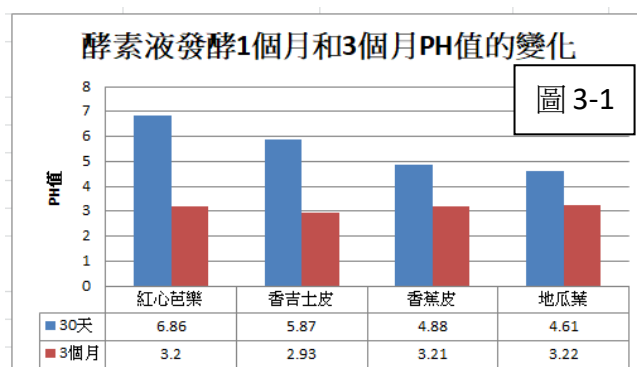
- 1.113 年 10 月 8 日(滿 30 日)當天取實驗 2-1 有添加養樂多所製成的五桶環保酵素。
- 2.從步驟 1 的每一桶環保酵素以吸管各取 50ml 環保酵素液倒進燒杯內。
- 3.以 5 合 1 水質檢測筆檢測步驟 2 的每種環保酵素液的 PH 值並記錄下來。
- 4.以糖度計檢測步驟 2 的每種環保酵素液的糖度值並記錄下來。
- 5.113 年 12 月 7 日(滿 90 日)當天取實驗 2-1 有添加養樂多所製成的五桶環保酵素。
- 6.從步驟 5 的每一桶環保酵素以吸管各取 50ml 環保酵素液倒進燒杯內。
- 7.以 5 合 1 水質檢測筆檢測步驟 6 的每種環保酵素液的 PH 值並記錄下來。
- 8.以糖度計檢測步驟 6 的每種環保酵素液的糖度值並記錄下來。

（研究過程與結果）

依照步驟 1 至步驟 8，比較酵素液發酵滿一個月(滿 30 日)和滿三個月(滿 90 日)後的 PH 值和糖度的變化，將觀察結果記錄下來。

小結：

- 1.從圖 3-1 數據中發現，不管是高麗菜葉、香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉還是紅心芭樂的酵素液，經過 3 個月的發酵後，PH 值都是下降的。



- 2.從圖 3-2 數據中發現，不管是高麗菜葉、香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉還是紅心芭樂的酵素

液，經過 3 個月的發酵後，糖度都是增加的，變的更甜，其中以香吉士皮的酵素液的糖度數值最高，最甜；香蕉皮的發酵液糖度值最低，最不甜；香吉士皮和地瓜液的酵素液其糖度增加最多。

研究討論：

- 1.分別以香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉和紅心芭樂，添加養樂多液所釀成的酵素液，從開始釀造到滿一個月(滿 30 日)，PH 值是減少的，只是減少的幅度不一，從 4.61~6.86 都有；但是繼續釀造到滿 3 個月(滿 90 日)，則以分別添加養樂多的香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉和紅心芭樂所釀成的酵素液的 PH 值會再急速下降至 2.9~3.2，酸性更強；也就是說，環保酵素液的 PH 值，在酵素液熟成前，酵素液的 PH 值會往下減小，其中以紅心芭樂的酵素液 PH 值下降最多，從原本偏中性變成強酸；其次是香吉士皮的發酵液。
- 2.我們進一步分析酵素液的 PH 值變化，我們也發現不管過程如何，就算是從製作到滿一個月(滿 30 日)後的 PH 值變化，有些下降速度比較快的（如以香蕉皮、地瓜葉發酵成的），有些下降速度比較慢的（如以香吉士皮、紅心芭樂發酵成的），滿三個月(滿 90 日)後，酵素液的 PH 值會持續下降至 2.9~3.2，只是有的先快後慢(如以香蕉皮、地瓜葉發酵成的)，有的先慢後快的差別（如以香吉士皮、紅心芭樂發酵成的）。
- 3.把香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉和紅心芭樂，分別再添加養樂多液所釀成的酵素液，從開始釀造到滿一個月(滿 30 日)，糖度數值是增加的，只是增加的幅度不一；但是繼續釀造到滿 3 個月(滿 90 日)，則香吉士皮、香蕉皮、地瓜葉和紅心芭樂，再添加養樂多液所釀成的酵素液的 PH 值，會再增加 1°Bx~3°Bx，更甜；也就是說，環保酵素液的糖度值，在酵素液熟成前，酵素液的糖度值還是會緩慢增加。
- 4.我們進一步分析酵素液的糖度變化，我們發現從製作到滿一個月(滿 30 日)時的糖度變化最大，然後糖度上升速度慢慢變慢。

研究四、探討水耕營養液對綠豆發芽之影響。

問題四、不同的水耕營養液對綠豆發芽的影響有什麼不同？

實驗 4-1、不同的水耕營養液栽培豆芽，並觀察其發芽情形。

（研究方法）

1.調配市售營養液：以花寶五號粉末調配稀釋 200 倍的市售營養液 1000ml，並裝進噴瓶內。

調配方法：取花寶五號粉末 5g，加入 1,000cc 清水中，即為稀釋 200 倍的營養液。

2.調配自製環保酵素的稀釋液：以自製不同的養樂多酵素(地瓜葉、高麗菜、紅心芭樂、香吉士、香蕉) 調配稀釋 200 倍的自製酵素營養液 1000ml，並裝進噴瓶內。

調配方法：取自製養樂多酵素養液 5g，加入 1,000cc 清水中，即為稀釋 200 倍的營養液。

3.取 50g 的綠豆 7 份，並分別以不同的水耕營養液浸泡 8 小時。

4.在 8 小時後取出綠豆並瀝乾水份，檢測浸泡豆子水溶液之 PH 值並記錄下來。

5.每盤豆子各分成 5 區，同時以 3 瓶舒跑(每瓶重 269g)加壓，放置陰暗不照光的抽屜內。

6.分別於上學 8:00、午休 12:00、放學 16:00 各噴營養稀釋液 10 下。

7.5 天後每位小組同學（一人一區）各抽 5 棵測量豆芽的發芽的狀況。

(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 7，觀察各項水耕營養液對綠豆發芽的影響，並將結果記錄下來。

	自來水	市售 營養液	高麗菜 酵素液	地瓜葉 酵素液	紅心芭樂 酵素液	香吉士 酵素液	香蕉 酵素液
浸泡前(顆)	50	50	50	50	50	50	50
發芽數(顆)	50	50	0	50	50	50	50
發芽率(%)	100	100	0	100	100	100	100

小結：

1.除了以高麗菜酵素液來浸泡和噴灑綠豆的這組失敗外，其他如以自來水、市售營養液、地瓜葉酵素液、紅心芭樂酵素液、香吉士酵素液、香蕉酵素液等來浸泡和噴灑綠豆，都可以讓綠豆成功發芽，發芽率達 100%。

2.把綠豆以有添加養樂多發酵的高麗菜酵素液浸泡 8 小時後，再連續噴 5 天，結果綠豆全部腐爛沒發芽。

實驗 4-2、不同的水耕營養液栽培豆芽，並觀察其發芽後豆芽糖度的變化。

(研究方法)

1.接續實驗 4-1，每盤豆子各分成 5 區，每盤同時以 3 瓶舒跑(每瓶重 269g)加壓，放置陰暗不照光的抽屜內。

2.分別於上學 8:00、午休 12:00、放學 16:00 給每盤綠豆各噴水耕營養液 10 下。

3.5 天後每位小組同學（一人一區）各抽 5 棵測量豆芽發芽並壓汁。

4.以糖度計測量豆芽的糖度，並記錄下來。

(研究過程與結果)

依照步驟 1 至步驟 4，觀察各項營養液對綠豆發芽後生長狀況的影響，並將結果記錄下來。

小結：

1.噴灑自製不同養樂多酵素營養液(地瓜葉、高麗菜、紅心芭樂、香吉士、香蕉)稀釋液的綠豆芽的糖度從 2.2°Bx 到 4.48°Bx。

2.噴灑自來水和市售營養液稀釋液的綠豆芽的糖度分別為 7.4°Bx 和 9°Bx。

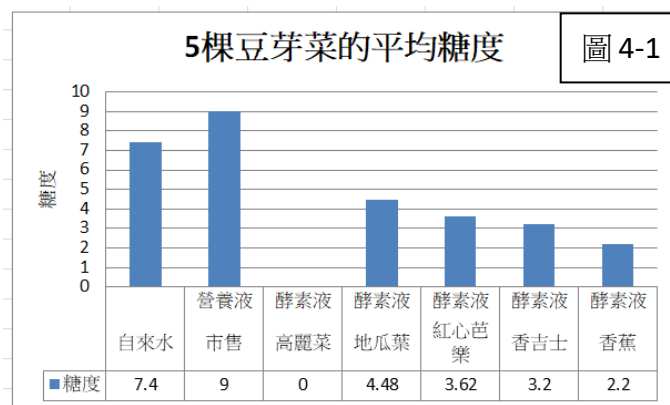


圖 4-1

3.就綠豆芽的糖度(圖 4-1)而言，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的糖度明顯比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的糖度數值還要低。

4.把綠豆以有添加養樂多發酵的高麗菜酵素液浸泡 8 小時後，再連續噴 5 天，結果綠豆全部腐爛沒發芽。

實驗 4-3 以自製養樂多酵素當作水培養液，觀察綠豆芽長度的變化

研究方法：

1.接續實驗 4-2，檢測豆芽菜的糖度同時，每位小組同學（一人一區）各抽 5 棵測量豆芽發芽的生長狀況，並記錄下來。

(研究過程與結果)

依照步驟 1，觀察各項水耕營養液對綠豆發芽後的生長狀況的影響，並將結果記錄下來。

小結:

1.就綠豆芽 5 棵的平均長度(圖 4-2)而言，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的平

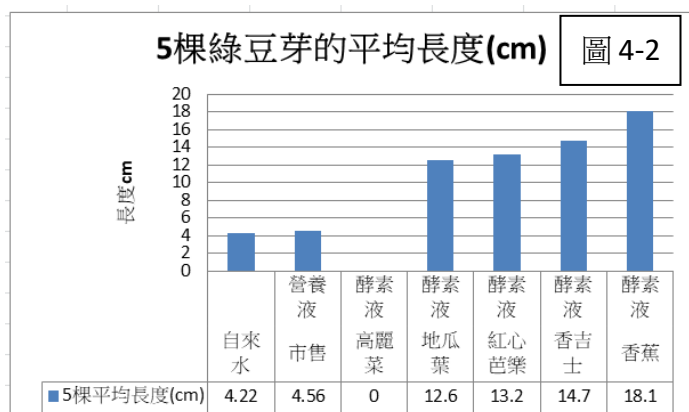


圖 4-2

均長度都比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的平均長度還要長，而且還長很多，差距從 8cm 至 14cm 之間。

2.把綠豆以有添加養樂多發酵的高麗菜酵素液浸泡 8 小時後，再連續噴 5 天，結果綠豆全部腐爛沒發芽。

研究討論：

1.就綠豆芽 5 棵的平均長度而言，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的平均長度都比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的平均長度還要長，而且還長很多，我們可以推測環保酵素裡的養分比市售營養液裡所含的成分更適合綠豆芽生長。

2.就綠豆芽的糖度而言，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的糖度明顯比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的糖度數值還要低。

3.把綠豆以有添加養樂多發酵的高麗菜酵素液浸泡 8 小時後，再連續噴 5 天，結果綠豆全部腐爛沒發芽；但以相同酵素 200 倍的稀釋液來種植萵苣，卻長得不錯，所以推測可能是浸泡綠豆的過程，或是讓綠豆發芽的過程與環境出現我們沒發現的問題所致。

研究五:探討自製環保酵素對萵苣生長之影響。

問題五:有無添加養樂多酵素對萵苣生長之影響。

實驗 5-1 以自製環保酵素當作水培營養液，觀察記錄萵苣生長之情形。

研究方法:

- 1.準備一個植栽盆、育苗泡棉、6 孔水耕板。
- 2.將育苗泡棉泡水，讓泡棉呈現濕潤狀態，並放進 3 顆萵苣種子等待發芽。
- 3.將栽培棉泡水，讓海綿充分吸水。
- 4.放入 1000g 自來水至保麗龍盒中。
- 5.加入自製酵素一瓶蓋(5g) (酵素:市售營養液、香吉士+養樂多、香蕉皮+養樂多、高麗菜+養樂多、地瓜葉+養樂多) (稀釋 200 倍)。
- 6.取出育苗盆內的萵苣並放入植栽海綿內。
- 7.移株完成後各放入調配營養液中，觀察其生長情形，每週記錄一次。

(研究過程與結果)

酵素原料	實驗項目	10/10-10/20	10/21-10/27	10/28-11/03	11/04-11/10
香吉士	平均葉寬	4.7	8.8	10.7	11.9
	平均葉片數	2.2	3.2	4	5.2
香吉士養樂多	平均葉寬	4.5	10.6	10.8	12.4
	平均葉片數	2	3.6	4.4	5.2
香蕉	平均葉寬	4.3	9.8	11.8	11.6
	平均葉片數	2.6	3.4	4.4	5.4
香蕉養樂多	平均葉寬	4.9	11.7	11.2	12.2
	平均葉片數	3.2	4	4	5.4
紅心芭樂	平均葉寬	4.2	4.7	5.4	5.5
	平均葉片數	2	2.6	3	3.3
紅心芭樂養樂多	平均葉寬	4.4	4.7	7.1	7.4
	平均葉片數	2.4	3.4	3.7	4.7
高麗菜	平均葉寬	6.3	3.5	4.1	12.8
	平均葉片數	3.6	5	5.8	6.2
高麗菜養樂多	平均葉寬	7.1	4.4	4.7	11.1
	平均葉片數	3.8	4.8	5.4	6.4
地瓜葉	平均葉寬	4.5	6.6	9.7	13.9
	平均葉片數	4	4	4.6	5
地瓜菜養樂多	平均葉寬	4.92	8.5	10.7	10.4
	平均葉片數	3.8	4.6	5.6	5.2

小結：

1.當以沒添加養樂多的自製環保酵素液當作水培營養液來種植萵苣時，從圖 5-1

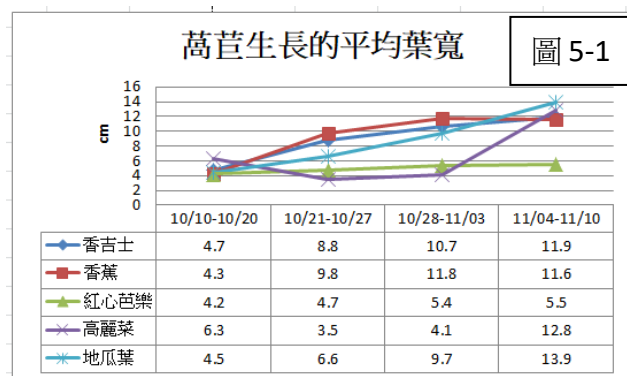
的數據可以發現：除了以高麗菜液當水

培營養液的萵苣，在第一週(10/10 至

10/20)期間葉子長得又大又寬外，基本

上不管是以哪一種原料釀成的酵素液

當作水培營養液，都能使萵苣的葉子隨著時間而逐漸變寬。



2.當以有添加養樂多的自製環保酵素液當作水培營養液來種植萵苣時，從圖 5-2 的數據可以

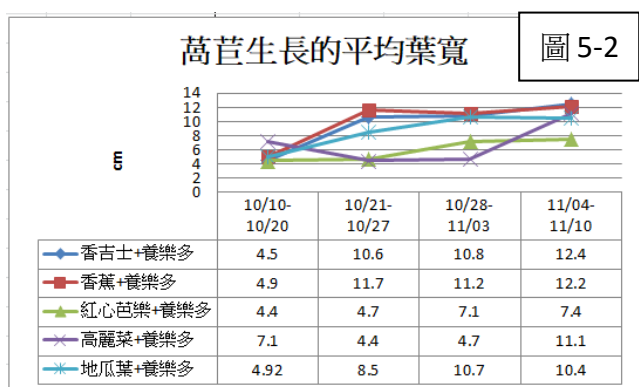
發現：除了以高麗菜液當水培營養液的

萵苣在第一週(10/10 至 10/20)期間葉子

同樣長得又大又寬外，基本上不管是以

哪一種原料釀成的酵素液當作水培營

養液，都能使萵苣的葉子隨著時間而逐



漸變寬。

3.當以沒添加養樂多的自製環保酵素液當作水培營養液來種植萵苣時，從圖 5-3 的數據可以

發現：基本上不管是以哪一種原料釀成的
酵素液當作水培營養液，都能使萵苣的葉
子數量隨著時間而增加。

4.當以有添加養樂多的自製環保酵素液當

作水培營養液來種植萵苣時，從圖 5-4 的
數據可以發現：基本上不管是以哪一種原料釀成的酵素液當作水培營養液，都能使萵苣
的葉子數量隨著時間而增加。

5.自製環保酵素當水培養液，一段時間後根
部容易生成黏膜，造成萵苣後期無法吸收
足夠養分，導致只能緩慢成長卻無法茁壯

研究討論：

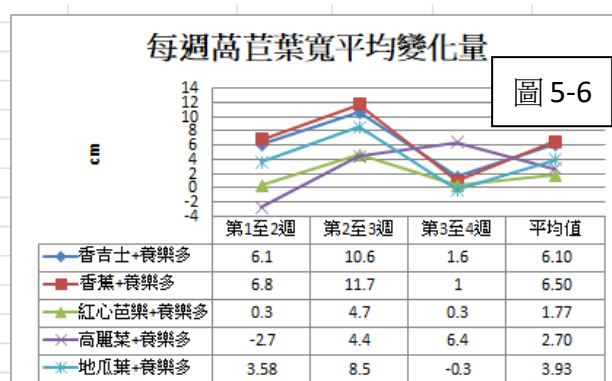
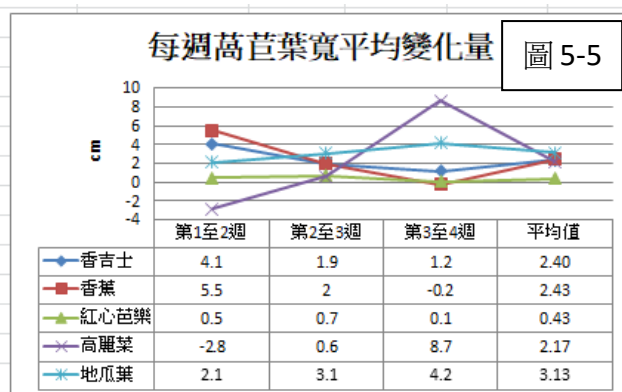
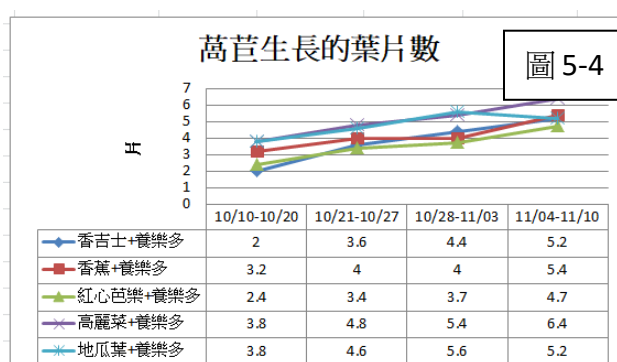
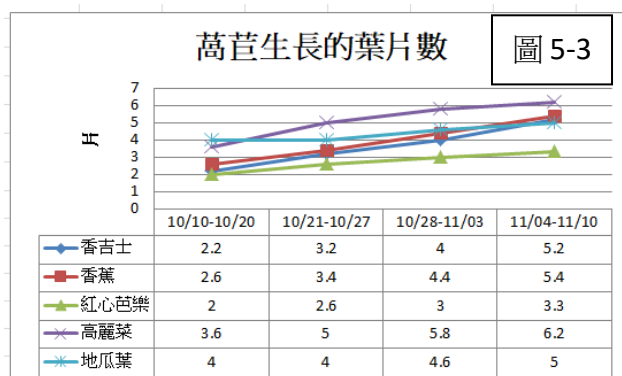
1.從每週萵苣葉寬的變化量來看(圖 5-5)，就沒添加養樂多的酵素液中，以地瓜葉所釀成的

酵素液對每週萵苣葉寬的平均變化量最多，
紅心芭樂所釀成的酵素液對每週萵苣葉寬
的平均變化量最少，差距將近 6~7 倍

2.從每週萵苣葉寬的變化量(圖 5-6)來看，就
有添加養樂多的酵素液中，以香蕉皮+養
樂多所釀成的酵素液對每週萵苣葉寬的平

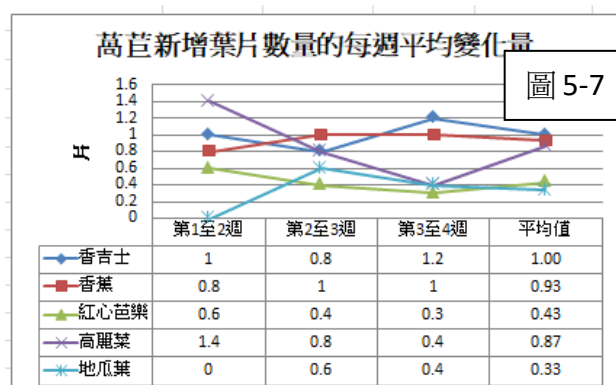
均變化量最多，同樣以紅心芭樂+養樂多所釀成的酵素液對每週萵苣葉寬的平均變化量最

少；而且分別以香蕉皮+養樂多所釀成的酵
素液，以及香吉士皮+養樂多所釀成的酵素
液對每週萵苣葉寬的平均變化量，明顯比
其他三項原料(紅心芭樂+養樂多、高麗菜+
養樂多、地瓜葉+養樂多)的每週萵苣葉寬的

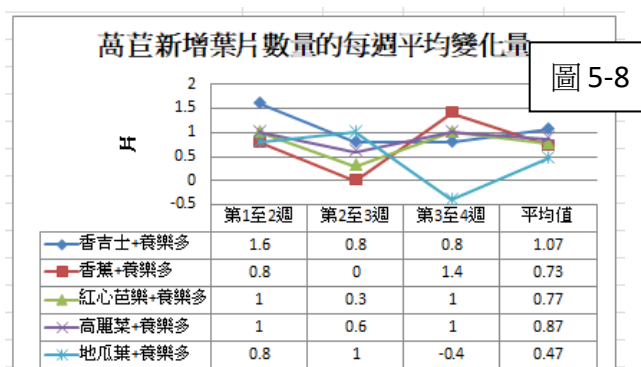


平均變化量都還要多，差距將近 1.5~3 倍。

3.從每週茼蒿新增葉片的數量變化量來看如圖 5-7，就沒添加養樂多的酵素液中，以地瓜葉所釀成的酵素液對茼蒿每週新增葉片的平均增加量最多，平均每週增加 1 片；以地瓜葉所釀成的酵素液對茼蒿每週新增葉片的平均增加量最少，每週只增加 0.33 片，最多和最少差距將近 3 倍。

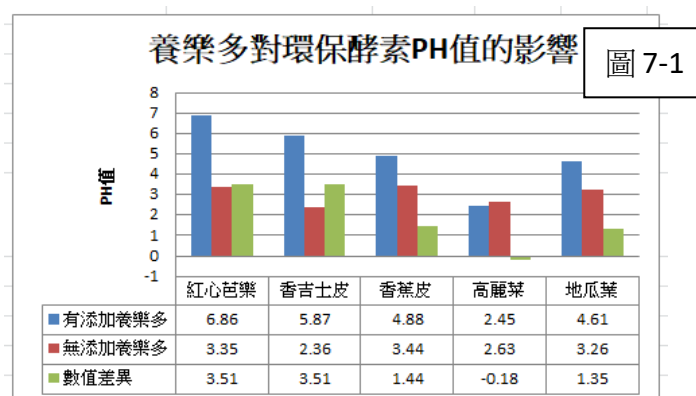


4.從每週茼蒿新增葉片的數量變化量(圖 5-8)來看，就有添加養樂多的酵素液中，以香吉士皮+養樂多所釀成的酵素液對茼蒿每週新增葉片的平均增加量最多，平均每週增加 1.07 片；以地瓜葉+養樂多所釀成的酵素液對茼蒿每週新增葉片的平均增加量最少，每週只增加 0.47 片，最多和最少差距超過 2 倍。



肆、討論

1.我們比較有無添加養樂多對不同原料製成的環保酵素發酵滿 30 天後的 PH 值變化(圖 7-1)，我們發現有添加養樂多釀造的酵素液，除了以高麗菜葉釀造的酵素液的 PH 值會降低外，其他四種材料酵素液在添加養樂多後的 PH 值都會增加，



也就是酸性強度降低，數值差異最大的分別是以紅心芭樂和香吉士皮發酵製成的酵素液，以高麗菜葉發酵的酵素液的 PH 值差異最小，呈負值，代表酸性更強。

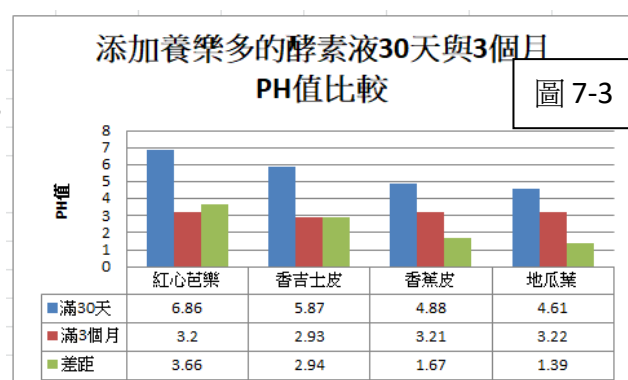
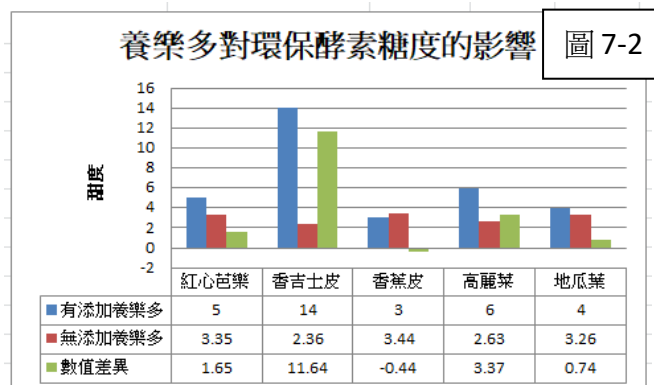
2.我們比較有無添加養樂多對不同原料製成的環保酵素發酵 30 天後的糖度變化(圖 7-2)，我們發現有添加養樂多釀造的酵素液，只有以香蕉皮+養樂多所發酵成的酵素液糖度會降低外，其他四種在添加養樂多後的糖度都會增加，數值差異最大的分別是以香吉士皮發酵

製成的酵素液，以香蕉皮發酵的酵素液的糖度值差異最小，呈負值。

3.我們進一步比較添加養樂多對不同原料

製成的環保酵素的 PH 值變化(圖 7-3)，我們比較發酵滿 30 天和滿 3 個月四種的自製環保酵素（紅心芭樂+養樂多、香吉士皮+養樂多、香蕉皮+養樂多、地瓜葉+養樂多），我們發現有添加養樂多釀造的酵

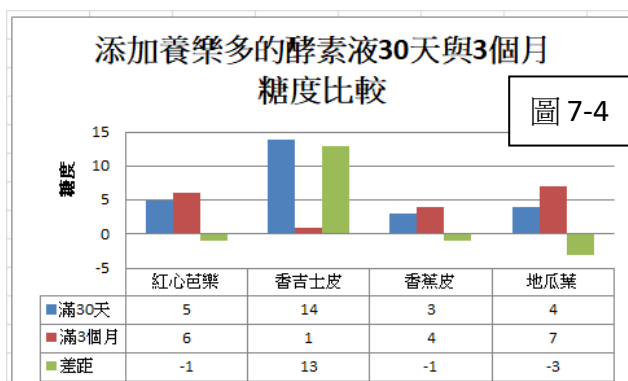
素液，在三個月後 PH 值都會降低，也就是酸性強度增強；滿一個月後原本以地瓜葉+養樂多所發酵的酵素液 PH 值最低，以紅心芭樂+養樂多發酵製成的酵素液 PH 值最高，但滿三個月後反而是以香吉士皮+養樂多酵素液的 PH 值最低，但是數值差異最大的並不是以香吉士皮+養樂多發酵製成的酵素液，反而是以紅心芭樂+養樂多發酵製成的酵素液，以香蕉皮+養樂多發酵製成的酵素液的 PH 值差異最小。



4.我們比較添加養樂多對不同原料製成的環保酵素的糖度變化(圖 7-4)，我們同樣比較發酵

滿 30 天和滿 3 個月四種的自製環保酵素（紅心芭樂+養樂多、香吉士皮+養樂多、香蕉皮+養樂多、地瓜葉+養樂多），我們發現有添加養樂多的釀造酵素液，在三個月

後糖度除了以香吉士皮+養樂多的這組發酵液大幅降低外，其他三種（紅心芭樂+養樂多、香蕉皮+養樂多、地瓜葉+養樂多）都是增加；滿一個月後原本以香吉士皮+養樂多所發酵的酵素液糖度最高，達 14°Bx，但滿三個月後反而是以香吉士皮+養樂多酵素液的酵素液糖度最低，只剩下 1°Bx，差異達 13°Bx，數值差異最大，差異最小的是以地瓜葉+養樂多發酵製成的酵素液。



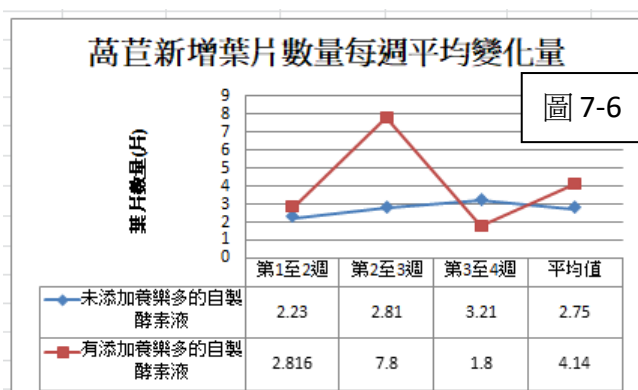
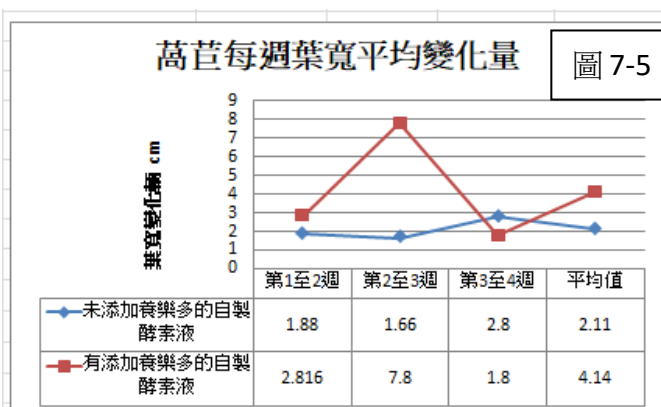
5.我們也針對浸泡和噴灑自製的環保酵素(地瓜葉酵素液、高麗菜酵素液、紅心芭樂酵素液、香吉士酵素液、香蕉酵素液)、自來水、市售營養液對綠豆發芽與生長的影響作探討，因除了高麗菜酵素液在綠豆發芽的實驗是失敗的外，其他四種自製的酵素葉、自來水和調製成的市售營養液都可以讓綠豆 100%發芽。在 5 棵綠豆芽的平均長度，噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的平均長度都比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的平均長度還要長，而且還長很多。在 5 棵綠豆芽的糖度有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的糖度明顯比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的糖度數值還要低。

6.為什麼那些有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽生長速度比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽還要快許多，但是那些有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的糖度數值反而相當低？經過上網找資料與討論，我們一致認為綠豆發芽時需由子葉提供養分，因子葉裡的養份都是澱粉，澱粉可以被酵素分解為葡萄糖，酵素主要成分是一種蛋白質，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽因生長速度比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽還要快許多，所以噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽因子葉裡的澱粉被大量分解成葡萄糖以供給生長所需，使得所含葡萄糖較少，所以所測到的糖度會比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的糖度數值還要低。

7.我們進一步分析「有沒有添加養樂多的自

製環保酵素對萵苣生長的影響」，從圖 7-5「萵苣每週葉寬的平均變化量」可以發現：有添加養樂多的自製環保酵素液對於萵苣的葉子寬度的生長是有積極幫助的，尤其是在第二週的促進萵苣葉子生長效果最好，就整個平均值而言，也是有添加養樂多的自製環保酵素液對於萵苣的葉子寬度的生長是有幫助的。

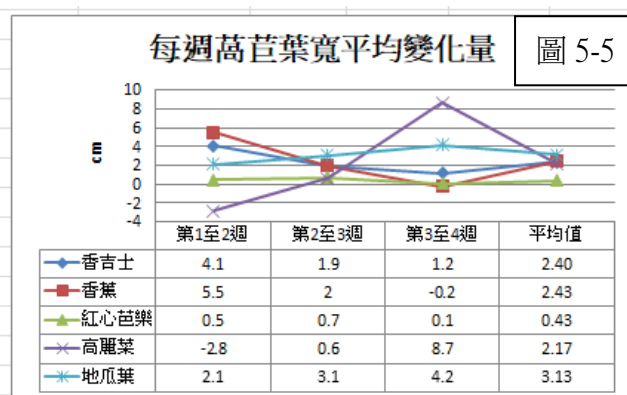
8.我們進一步分析「有沒有添加養樂多的自製環保酵素對萵苣生長的影響」，從圖 7-6「萵



莖每週新增葉片數量的平均變化量」可以發現：有添加養樂多的自製環保酵素液對於萵苣每週新增葉片數量是有積極幫助的，同樣是在第二週的促進萵苣葉子新增葉片數量效果最好，就整個平均值而言，也是有添加養樂多的自製環保酵素液對於萵苣的葉子新增葉片數量是有幫助的。

9.從圖 5-5 我們可以發現，以自製環保酵素液當水培養液種植萵苣，每增加一週則葉寬的平均變化量大多是減小的，我們進一步觀察，發現通常是一週後，根部容易生成黏膜，造成萵苣後期無法吸收足夠養分，

導致只能緩慢成長卻無法茁壯，我們推測是因有微生物的生長的影響導致。



伍、結論

- 1.環保酵素的 PH 值都小於 7，都是屬於酸性溶液，因數值低所以大多都是強酸。至於這五種原料所釀成酵素液的糖度大小差異相當大。
- 2.酵素液的 PH 值的變化，從製作到滿一個月時的 PH 值下降速度最快，變化最大；然後 PH 值下降速度慢慢變慢。酵素液的糖度變化，同樣從製作到滿一個月時的糖度變化最大，然後糖度上升速度慢慢變慢。
- 3.有添加養樂多釀造的酵素液，在三個月後 PH 值都會降低，也就是酸性強度增強。
- 4.有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的平均長度都比較長；有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽的糖度明顯數值降低。
- 5.綠豆發芽時需由子葉提供養分，因子葉裡的養份都是澱粉，澱粉可以被酵素分解為葡萄糖，酵素主要成分是一種蛋白質，有噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽因生長速度比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽還要快許多，所以噴灑自製酵素稀釋液的綠豆芽因子葉裡的澱粉被大量分解成葡萄糖以供給生長所需，使得所含葡萄糖較少，所以所測到的糖度會比噴灑自來水和市售營養液的綠豆芽的糖度數值還要低。
- 6.有添加養樂多的自製環保酵素液對於萵苣的葉子寬度的生長和每週新增葉片數量都是有積極幫助的。

- 7.自製環保酵素當水培養液，因有微生物的生長，根部容易生成黏膜，造成萵苣後期無法吸收足夠養分，導致只能緩慢成長卻無法茁壯。
- 8.由實驗記錄推測，環保酵素無法單獨當作水培養液，環保酵素可以讓水培植物生長，但單一酵素能提供植物生長的養分有限，所以不能讓植物後期茁壯；反而有添加養樂多之環保酵素，其萵苣生長情形明顯比無添加養樂多之酵素來的優。

陸、研究心得

在這次的實驗中，最有趣的是【酵素的製作】，因為原料都是日常生活中隨手可得，其中一樣是養樂多，剩餘的養樂多都進到我們的肚子內。為期 30 天的觀察期，我們每天都要搖晃酵素桶 100 下當作課後運動，每天要開瓶記錄，打開酵素桶都是驚奇的氣味，將實驗帶入日常生活中寓教於樂，是很棒的體驗。最困難的是【萵苣的種植】，我們採用的是【水耕】，因為設備簡易，必須 2~3 天換一次水，避免水溶液變質影響萵苣生長；每週測量萵苣的葉寬更是小心翼翼，一不小心可能就傷到萵苣造成其死亡，萵苣後期無法茁壯讓我們很挫敗，感覺辛苦沒有回報，但我們從中學習到實驗的精神。

柒、參考資料

1. 環保酵素是什麼 | 環保酵素製作方法、實作問題全彙整•看守臺灣協會•取自 <https://www.cingliang.com/what-is-eco-enzyme-and-how-to-make-it/>
 2. 主婦聯盟環境保護基金會 環保廚餘酵素 DIY•取自 http://www.myfarm.com.tw/about_6.htm
 3. 製作環保酵素•I Enzyme 就是愛酵素•取自 <https://i-ezm.blogspot.com/>
 - 3.林慧貞（2015 年 02 月 02 日）水果甜不甜？農糧署訂出 15 項水果糖度標準 鼓勵農友分級標示•上下游 News&Market•取自 <https://www.newsmarket.com.tw/blog/65025/>
 4. 駱慧雯（2014 年 11 月 17 日）•白胖豆芽怎麼種？祕訣就在重物施壓• 良醫健康網•取自 <https://health.businessweekly.com.tw/AArticle.aspx?id=ARTL000017190>
 - 5.劉達修（中華民國 78 年 4 月 1 日）•施用農藥要有好效果 注意稀釋倍數與用量•豐年的 39 卷第 7 期•17•取自 https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?id=137704
- 註：本研究所有照片與圖片均為作者在指導老師下使用 Excel 製作與繪圖和親自拍攝。