

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080201

吃出健康~客家芥菜變變變大解碼

學校名稱： 苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小四 楊雨潔 小四 朱祈勳 小四 林育群 小四 徐秋翔	指導老師： 謝祥宏 范碧玉
---	-----------------------------

關鍵詞： 鹽、酸菜、福菜

摘要

四年級時參加食農教育，於是展開了「芥菜探究之旅」。結果顯示：

- 一、不同濃度粗鹽對酸菜影響：粗鹽濃度越低，浸泡液酸性越強、酸菜顏色越偏黃、亞硝酸鹽越低。
- 二、不同種類鹽對酸菜影響：粗鹽、低鈉鹽濃度越低酸性較強；粗鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越高，而低鈉鹽、精鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越低。
- 三、不同方法對酸菜影響：傳統方法的酸鹼度，數天後變得較不酸。精鹽、粗鹽酸菜顏色偏黃色，低鈉鹽酸菜顏色偏暗綠。脫水率以精鹽最高，低鈉鹽脫水率最低。
- 四、添加養樂多對酸菜影響，醃製到 10-12 天時，亞硝酸鹽含量消失、酸菜偏黃。
- 五、有光的環境對酸菜影響，有光酸菜浸泡液越酸、顏色越黃、亞硝酸鹽越低。
- 六、粗鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽幾乎為 0。

壹、前言

一、研究動機

四年級時參加食農教育，張先生教我們怎麼做客家福菜，他說：「要先將芥菜洗乾淨，把芥菜搓揉撒鹽，一直搓，搓好就把芥菜裝入罐子中，等芥菜發酵幾週，就變成福菜了！」我們聽了覺得很神奇，為什麼小小的芥菜可以有這麼多型態呢？不同濃度鹽水，對醃製酸菜酸鹼度有什麼影響？.....一連串問題在心中產生，於是展開了「芥菜探究之旅」。

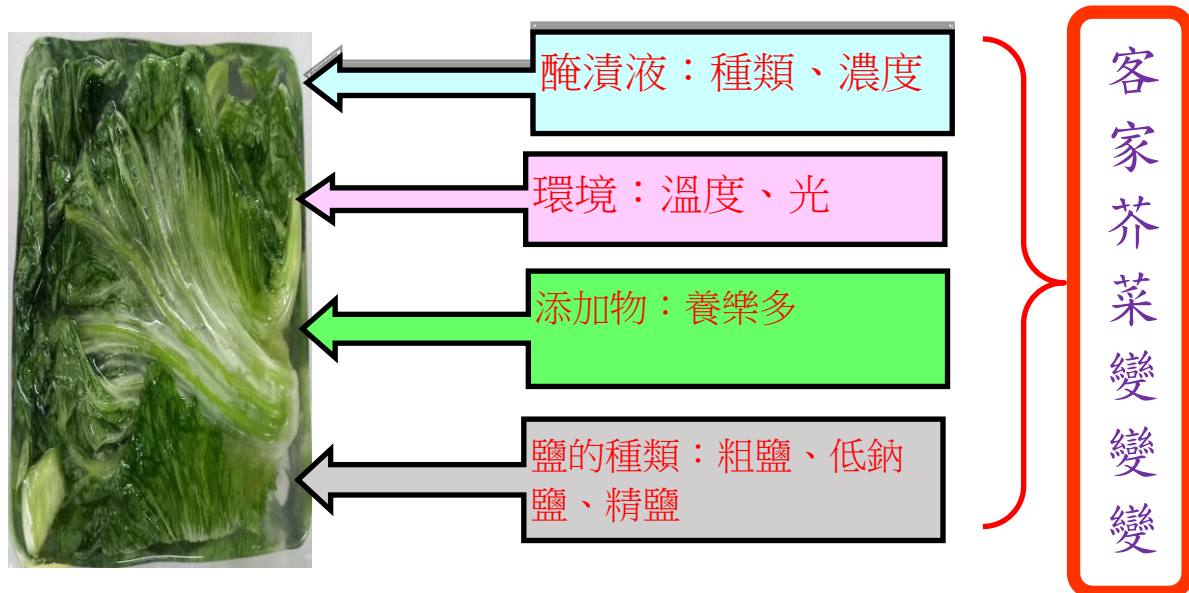


圖 1:研究方向思考圖

二、研究目的及研究問題

我們針對影響芥菜醃製的因素，進行研究，並根據研究目的，提出以下研究問題：

目的一、不同種類、濃度的鹽，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

- 研究 1-1：不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究 1-2：不同種類鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究 1-3：不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響？
- 研究 1-4：不同種類鹽水，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

目的二、不同醃製方法，對酸菜酸鹼度、顏色的影響

- 研究 2-1：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究 2-2：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜顏色的影響？

目的三、添加物對酸菜顏色、亞硝酸鹽的影響

- 研究 3-1：添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響？
- 研究 3-2：添加養樂多，對酸菜顏色的影響？

目的四、不同環境，對酸菜酸鹼度、顏色、亞硝酸鹽的影響

- 研究 4-1：有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究 4-2：有光、無光環境，對酸菜顏色的影響？
- 研究 4-3：有光、無光環境，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

目的五、不同種類、濃度的鹽，對福菜酸鹼度、亞硝酸鹽的影響

- 研究 5-1：不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度的影響？
- 研究 5-2：不同種類濃度的鹽，對福菜亞硝酸鹽的影響？

三、文獻探討

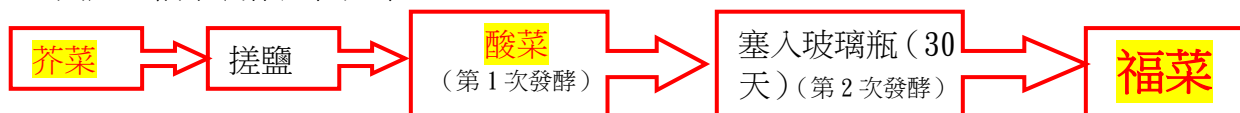
（一）醃製過程原理：

在醃製過程，蔬果因為鹽中鈉離子滲透進入蔬果，導致水分流失達到脫水效果（滲透壓原理），蔬果因缺水變得柔軟。在醃製過程，蔬果內酵素、微生物發酵，使得醃製後具有獨特風味。

（二）芥菜→福菜→梅乾菜

查詢維基百科及生物資源保存及研究簡訊（林詩婷，2021），福菜或稱為什菜、覆菜，是加鹽醃漬過的酸菜，經由陰乾日曬的加工，在水分尚未完全乾燥時，塞入玻璃瓶（臺灣農家常使用臺灣菸酒公司的米酒玻璃瓶），或裝入大型菜甕中。密封後等待酸菜自然發酵，約 30 天的時間，就可成為客家福菜，不同於客家原鄉的乾鹹菜（梅菜）和水鹹菜（鹹菜或酸菜），福菜是來台客家人發展的醃製技術。

因此，福菜製作過程如下：



在自然發酵過程中進行乳酸發酵之菌種為，乳酸菌種類為 *Pediococcus cerevisiae* 啤酒小球菌、*Lactobacillus delbrueckii*（戴白氏乳酸桿菌）、*L. plantarum*（植物乳酸桿菌）（第 54 屆全國科展）。

（三）亞硝酸鹽產生與檢測原理

- 1.亞硝酸鹽來源：根據（蔬菜中硝酸鹽 Q&A）衛生福利部食品藥物管理署資料，硝酸鹽本身普遍存在於環境、空氣及水，以及施肥過程中產生。硝酸鹽經過酵素催化後變成亞硝酸鹽。亞硝酸鹽，在酸性、高溫或微生物作用下形成致癌物亞硝酸胺。因此，減少亞硝酸鹽產生，是本研究最重要研究。
- 2.影響亞硝酸鹽因素：根據蔬菜中硝酸鹽 Q&A 資料，胡蘿蔔、維生素 C、E 能阻斷亞硝酸鹽轉

成亞硝酸胺。在中國囊造文獻，以白菜醃製成酸菜，發現鹽的濃度越高、醃製時間越長，亞硝酸鹽濃度越高，在 8-10 天時亞硝酸鹽濃度最高，30 天後完成消失。此外也發現，維生素 C、酸鹼度越酸（抑制微生物生長，避免亞硝酸鹽），可以降低亞硝酸鹽濃度。在 54 屆全國科展高職組以優勢菌種研究酸菜醃製，發現醃製過程加優酪乳，可以降低鹽的濃度，達到一樣的醃製效果，而且，發現酸菜顏色在較酸環境下，葉綠色脫鎂變成黃色。

3.亞硝酸鹽檢測：本研究採用 TBSNO₂ 亞硝酸鹽檢測試劑。根據說明書試劑原理，是採用比色法。原來沒有顏色的發色劑，與亞硝酸鹽起化學變化之後，因其產物能形成特有的紅色呈色反應，再拿該呈色與色標進行比對，從而判讀出亞硝酸鹽濃度(mg/L)的方法。

(四) 不同種類鹽～粗鹽、精鹽、低鈉鹽

整理網路查到資料，粗鹽、精鹽、低鈉鹽不同處。

種類	製造過程/成分	用途
粗鹽	1. 海水蒸發結晶製成(氯化鈉) 2. 顆粒粗大、味道溫和 3. 含雜質和礦物質 (鎂、鉀、鈣等)	醃製、調味、沾取肉類海鮮 泡澡、沐浴、促進新陳代謝
精鹽	1. 溶解、過濾、蒸發、乾燥 2. 主成分為氯化鈉，鹹味比天然鹽更濃	烹飪、烘焙、調味、醃製食品等
低鈉鹽	1. 部分氯化鈉被替換成其他礦物質 2. 主成分為氯化鈉(60-70%)、氯化鉀(20-30%)、硫酸鎂(8-12%)。	並非低鈉鹽就可以大量食用 需要限制鈉攝取的人群使用

(三) 歷年相關研究

查詢科展群聽，發現有幾篇是與研究「芥菜」(如下表)。大多以研究「鹽」濃度最多，其次為添加物、光、溫度。本研究研究除以上變因外，針對「亞硝酸鹽」、「醃製後酸菜顏色」、「酸鹼」進行探討，更重要的是採用「ColorMeter app」測定顏色變化及顏色差異採「歐氏距離」法，以提高顏色正確辨識率。

科別	作品名稱	實驗變因	相關概念與研究發現
國小組生活與應用 科學科 51 屆全國科展	阿嬤的醃 酸菜—醃 漬液的再 利用	<input checked="" type="checkbox"/> 鹽濃度 <input checked="" type="checkbox"/> 光	1.不同鹽量醃漬酸菜越低的鹽量 PH 值下降較快，越高的鹽量 PH 值下降較慢。 2.15°C 的冬季，30 天仍無法熟成。 3.濃度越高的鹽雖可延長保存時間，但容易產生黴菌。 4.醃漬過程中硝酸鹽是最高，陽光暴曬使硝酸鹽降至最低。
高職組農 業及生物 科技科第 50 屆全國 科展	低鹽的韓 式泡菜接 菌對發酵 期間之影 響	<input checked="" type="checkbox"/> 鹽濃度 <input checked="" type="checkbox"/> 各式優酪 乳	1.這個研究是用大白菜為原料。 2.發酵期間為 0 至 1 周。 整體結果為接菌韓式泡菜比自然的泡菜為佳。
高職組農 業及生物 科技科 54 屆全國科 展	「優鹹」 製菜～以 優勢菌種 法改良酸 菜製程之 研究	<input checked="" type="checkbox"/> 鹽濃度 <input checked="" type="checkbox"/> 溫度 <input checked="" type="checkbox"/> 各種優酪 乳	1.這個研究以優酪乳代替天然發酵製作酸菜。 2.不同溫度酸菜發酵的顏色、PH 值、生菌值、菌落相變化。 3.優酪乳接種酸菜，可縮短發酵時間。 4.優酪乳酸菜發酵溫度 30°C，且用 AB 優酪乳最好。 5.使用 200g 芥菜、216g 汁液、鹽 4.6% 家 AB 優酪乳 6mL，溫度 30°C，每日測 PH 值和顏色，找出適合發酵的溫度。

四、研究架構

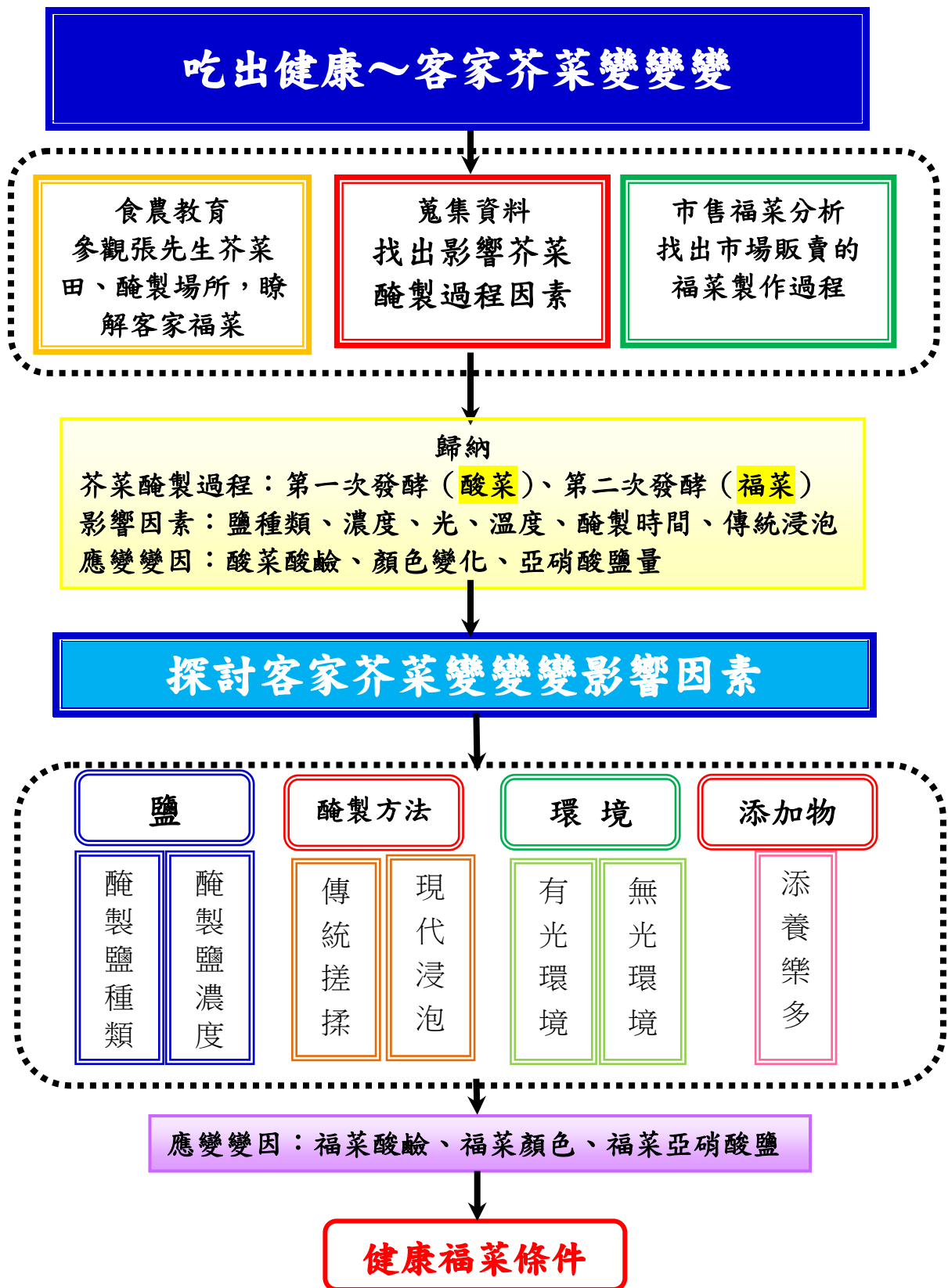




圖 2：研究架構




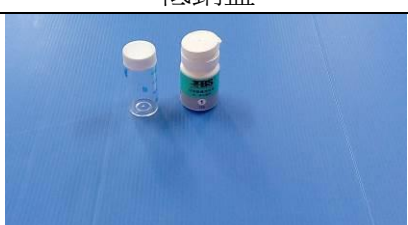


貳、研究設備及器材

一、實驗器材




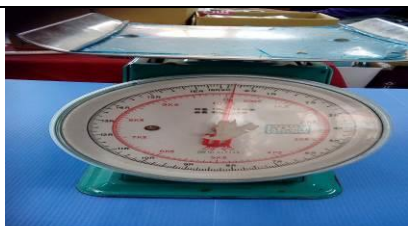


(一) 器材：(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

		
塑膠杯	量筒	玻璃罐
		
盤子	保鮮膜	透明盒

(二) 藥品：

		
低鈉鹽	精鹽	粗鹽
		
亞硝酸鹽檢測劑	亞硝酸鹽檢測顏色對照表	蒸餾水

(三) 儀器：

		
電子秤	酸鹼檢測機	鹽度計檢測機
		
磅秤	碼錶	透光度測試器

二、顏色檢測軟體（ColorMeter）

為了能檢測芥菜醃製時，顏色變化。我們利用 ColorMeter app，做為研究時研究判斷方法。
使用方法：

1.將手機對準想要測量的物體顏色，取得 RGB 數值。

2.顏色判斷基準：

- 當 RGB(255,255,255)為白色、RGB(255,0,0)為紅色 RGB(0,255,0) 為綠色、RGB(0, 0, 255)為藍色。
- RGB 其中兩種數值較高：RGB(255,255,0)RG 較高時，偏黃色，RGB(0,255,255)GB 值較高時，偏藍色，RGB(255,0,255)RB 值較高時，偏紅色。
- RGB 三種數值接近：RGB 值最高為 255。數值在 5%內當作相同（255X5%約 12）。以下表照片 RGB(57,37,28)為例，當作是 R 高，其餘 GB 接近，顏色偏紅。



安裝 ColorMeter

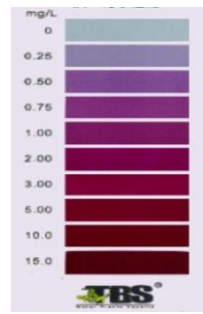
對準要檢測的福菜～取得 RGB 數值

RGB(255,255,255)白色	RGB(255,0,0)紅色	RGB(0,255,0)綠色	RGB(0, 0, 255)藍色
RGB(255,255,0)黃色	RGB(0,255,255)藍色	RGB(255,0,255)紅色	RGB(0, 0, 0)黑色

(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

三、亞硝酸鹽測試方法

- 1.請將量筒裝入 5ml 試水。
- 2.加入 1 號試劑 5 滴並搖勻。
- 3.加入 2 號粉劑一小匙並輕搖 10 秒。
- 4.加入 3 號粉劑一平匙並輕搖約 1 分鐘，使其完全溶解。
- 5.靜置約 5 分鐘，使硝酸鹽的發色反應完全，隨即從側面觀察其呈色，與色標比對讀取數值。



四、實驗前亞硝酸鹽測試

為確認亞硝酸鹽是否為實驗歷程所產生？用小塑膠試管取實驗時浸泡芥菜的自來水、開飲機的水各 5mL，加入 1 小平匙的亞硝酸鹽試劑，搖混均勻後觀察顏色變化。進行 5 次實驗。由顏色判斷，**實驗前自來水、開飲機的水，亞硝酸鹽含量均為 0ppm。**

開飲機的水(實驗前顏色)	開飲機的水(加亞硝酸鹽試劑顏色變化)	自來水(實驗前顏色)	自來水(加亞硝酸鹽試劑顏色變化)

五、顏色差異比較計算方式~歐氏距離 ($\Delta_{RGB} = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}$)

當實驗時觀察亞硝酸鹽試劑顏色與色標比對，發現顏色比對在差異性不明顯時，容易造成濃度上判斷不易。經網路尋顏色差異比對方式，發現**歐氏距離公式**可以解決比對顏色的困繞。方法如下：

- 1.在固定地點及光源下，利用 ColorMeter 測量出每種色標的 R1G1B1 值及測出實驗時亞硝酸鹽顏色 R2G2B2 值，計算(R2-R1)、

(G2-G1)(B2-B1)，算出歐氏距離 ($\Delta_{RGB} = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}$)

- 2.以 5%粗鹽浸泡芥菜後，顏色測得 RGB 為 (78,4,83) 這個 RGB 值與色標濃度的 RGB 值進行計算(R2-R1)、(G2-G1)(B2-B1)，再進行(R2-R1)²、(G2-G1)²、(B2-B1)²，最後獲的歐氏距離。這個數值越大表示與色標濃度的顏色差異最大。因此，數值最小的才能代表該濃度值。

3. 5%粗鹽浸泡芥菜後，歐式距離最小值為 45，代表亞硝酸鹽濃度為 2ppm



mg/L	R1	G2	B2
0	162	180	192
0.25	139	131	170
0.50	126	73	145
0.75	131	49	125
1.00	119	24	90
2.00	123	1	74
3.00	125	1	53
5.00	109	0	26
10.0	90	0	12
15.0	79	0	10

歐氏距離



ppm	R2-R1	G2-G1	B2-B1	R^	G^	B^	SUM-RGB	歐氏距離
0	84	176	109	7,056	30,976	11,881	49,913	223
0.25	61	127	87	3,721	16,129	7,569	27,419	166
0.50	48	69	62	2,304	4,761	3,844	10,909	104
0.75	53	45	42	2,809	2,025	1,764	6,598	81
1.00	41	20	7	1,681	400	49	2,130	46
2.00	45	-3	-9	2,025	9	81	2,115	45
3.00	47	-3	-30	2,209	9	900	3,118	56
5.00	31	-4	-57	961	16	3,249	4,226	65
10.00	12	-4	-71	144	16	5,041	5,201	72
15.00	1	-4	-73	1	16	5,329	5,346	73

參、研究過程與結果

■目的一、不同種類、濃度的鹽，對酸菜酸鹼度、顏色亞硝酸鹽的影響

研究 1-1：不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】：

許多人印象中的客家福菜都很酸、很鹹，所以我們想知道不同濃度的鹽水，是否能改變醃製酸菜的酸鹼度，於是進行了以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.配置不同濃度水溶液：取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
- 2.取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 3.把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用酸鹼檢測計測量浸泡液酸鹼。
- 4.重複實驗5次。
- 5.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.浸泡2天、4天、6天的芥菜，以5%、6%粗鹽浸泡液酸性最強。
- 2.鹽的濃度越低，浸泡芥菜後，浸泡液酸性最強；鹽的濃度越高，浸泡芥菜後，浸泡液酸性較弱。

【研究發現與討論】

浸泡不同濃度粗鹽的芥菜，鹽的濃度越低，浸泡液酸性越強。因此，若希望酸菜吃起來較酸，可以在浸泡時，鹽的濃度低一些。

表 1：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度的影響

濃度(%)	日數		
	酸鹼(pH)	2天	4天
5%	4.58	1.70	4.72
6%	5.40	2.00	4.48
7%	5.70	2.00	4.72
8%	5.62	2.00	5.10
9%	6.12	2.00	5.64
10%	5.44	2.00	5.22

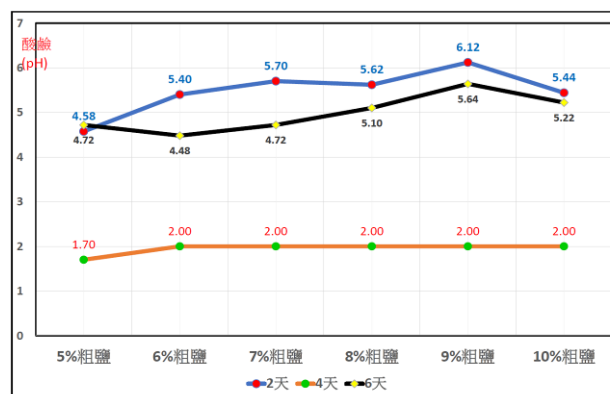


圖 3：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度影響

表 2：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度實驗圖





(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

研究 1-2：不同種類鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】：

醃製酸菜時，除了用粗鹽以外，還可以用其他種類的鹽。我們想知道不同種類的鹽水對醃製酸菜的酸鹼度是否不同，於是展開了以下實驗。

【實驗步驟】：

- 配置不同種類鹽的水溶液：
 - 取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液。放置塑膠盒。
 - 改用低鈉鹽、精鹽，方法與①相同。
- 取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用酸鹼檢測計測量浸泡液酸鹼。
- 重複實驗5次。
- 改將芥菜放在不同濃度的低鈉鹽、精鹽水溶液中，其餘與步驟3、4.相同。
- 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 粗鹽：鹽的濃度低，酸性較強。
- 低鈉鹽：鹽的濃度低，酸性較強。
- 精鹽：不同濃度鹽，酸鹼接近。
- 粗鹽浸泡4天時較酸；低鈉鹽，前6天較不酸，8天時較酸；精鹽，浸泡4天時較不酸。

表 3：不同濃度低鈉鹽對酸菜酸鹼度影響

低鈉鹽 濃度(%)	日數		
	酸鹼(pH)	2天	4天
5%	6.02	6.36	5.52
6%	6.02	6.24	6.04
7%	6.46	6.48	6.20
8%	6.08	6.60	6.36
9%	6.08	6.04	5.88
10%	6.24	6.54	6.42

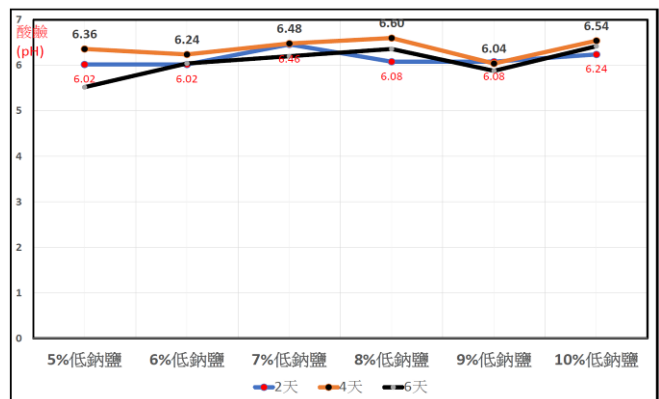


圖 4：不同濃度低鈉鹽對酸菜酸鹼度影響

表 4：不同濃度精鹽對酸菜酸鹼度影響

精鹽 濃度%	日數	
	2天	4天
5%	1.00	5.96
6%	1.30	5.58
7%	1.30	5.20
8%	1.70	5.88
9%	1.70	5.66
10%	1.70	5.78

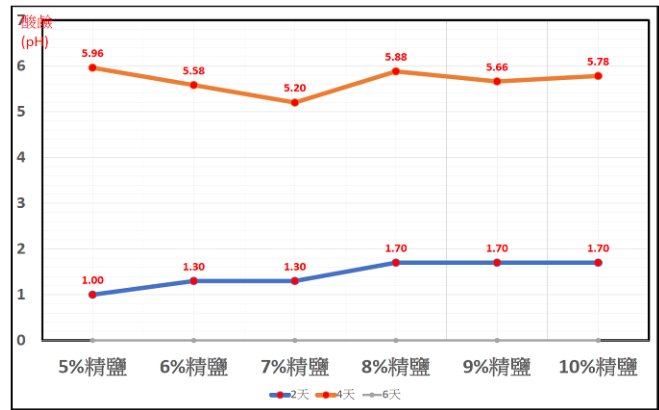


圖 5：不同濃度精鹽對酸菜酸鹼度影響

【研究發現與討論】

不同種類鹽，對酸菜酸鹼度的變化不同。粗鹽的濃度低，酸性較強；低鈉鹽的濃度低，酸性較強；而精鹽浸泡液，對酸菜酸鹼度影響較小。不同種類鹽水溶液，浸泡天數，對酸鹼變化也不同。粗鹽浸泡 4 天時較酸；精鹽，浸泡 4 天時較不酸；低鈉鹽，前 6 天較不酸，8 天時較酸。

研究 1-3：不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】：

以不同濃度的鹽水，醃製芥菜後，我們想知道醃製的酸菜顏色是否有差異，於是進行了以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
- 2.取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 3.把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用Color Meter測量醃製的芥菜顏色變化。
- 4.進行RGB顏色數值大小判斷【顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷，詳見P6】
- 5.重複實驗5次。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。
- 2.以 R、G、B 三個數值數比較，在 5%粗鹽的濃度時 R 的值較高，顏色較鮮豔的黃；相對的 8%粗鹽顏色較綠。

【研究發現與討論】

不同濃度粗鹽，對酸菜顏色會產生影響。透過顏色檢測軟體（ColorMeter），讓我們較容易判斷顏色變化。鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。

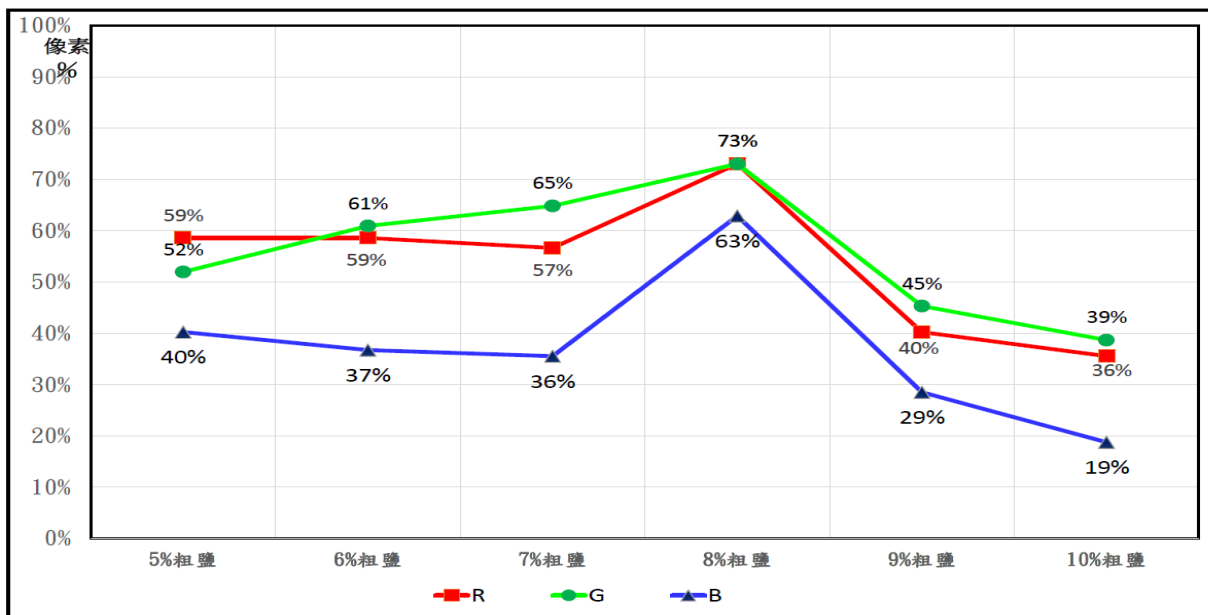


圖 6：粗鹽醃製後酸菜的顏色變化

表 5：不同濃度鹽水對酸菜顏色的影響圖

濃度	5%粗鹽	6%粗鹽	7%粗鹽
顏色			
濃度	8%粗鹽	9%粗鹽	10%粗鹽
顏色			

(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

研究 1-4：不同種類鹽水，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】：

新聞報導亞硝酸鹽對人體不好，而芥菜醃製過程會產生亞硝酸鹽。我們想知道，醃製過程亞硝酸鹽含量的變化。何時最低？對健康較好。因此，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 取浸泡5%、6%、7%、8%、9%、10%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各5mL倒入小塑膠試管。
2. 重複步驟1,共5次，完成每個濃度5個塑膠試管酸菜水溶液。
3. 將5個5%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各加入1小平匙的亞硝酸鹽試劑，搖混均勻後觀察顏色變化，並比對顏色代表的亞硝酸鹽濃度，紀錄下來。【詳見亞硝酸鹽測試法P.6】
4. 改測試6%、7%、8%、9%、10%，重複實驗步驟3。
5. 改用精鹽、低鈉鹽，重複步驟1.~4.
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 粗鹽浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越高。
2. 低鈉鹽、精鹽，浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越低。

表 6：不同種類鹽對酸菜亞硝酸鹽含量變化影響

鹽種類 \ 鹽濃度 (%)	鹽種類		
	粗鹽	精鹽	低鈉鹽
5%	0.84	3.00	2.60
6%	0.00	1.40	1.00
7%	0.50	1.00	1.00
8%	0.50	1.40	1.00
9%	0.50	1.80	1.00
10%	3.00	1.80	1.00

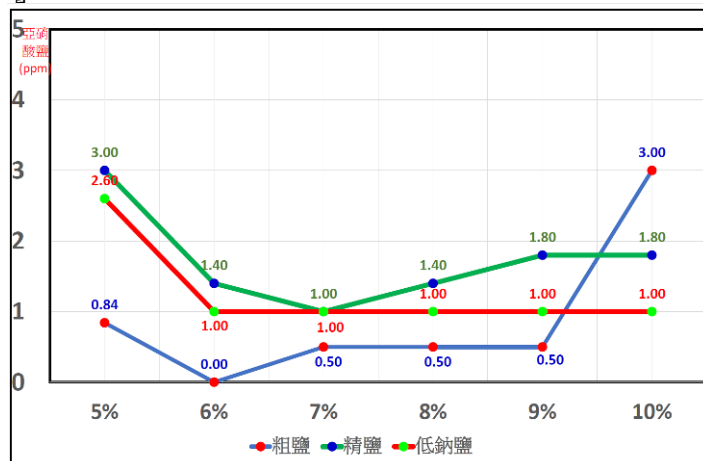
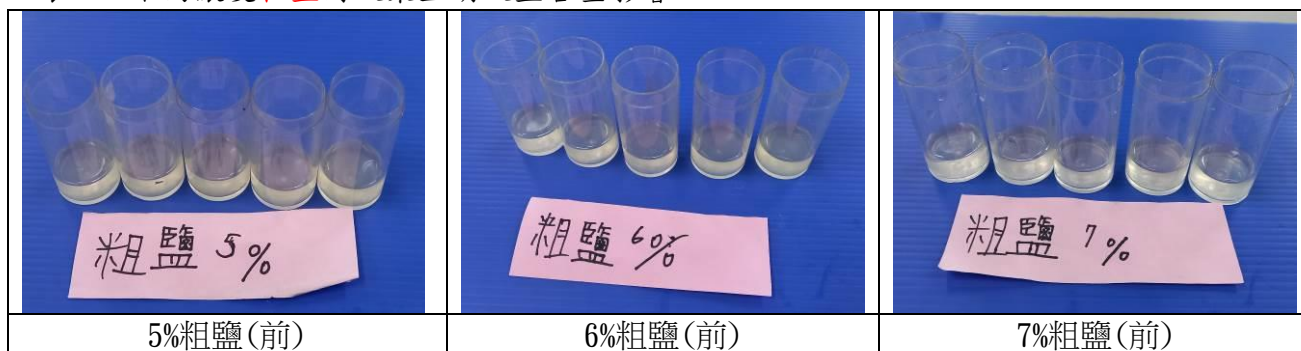





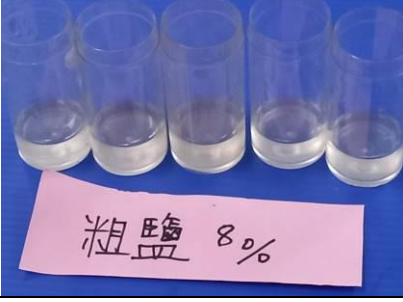

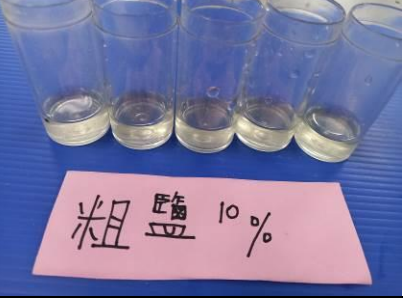
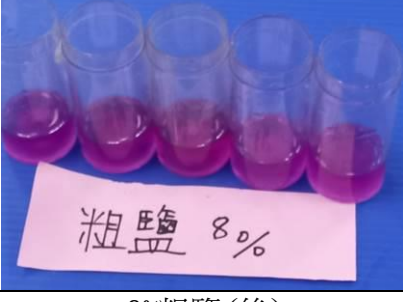
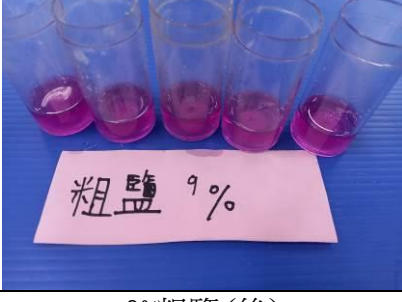
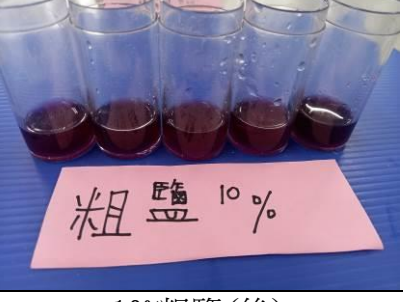
圖 7：不同種類鹽對酸菜亞硝酸鹽含量變化

【研究發現與討論】

從實驗發現粗鹽浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越高。而低鈉鹽、精鹽，浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越低。顯示不同種類鹽，可能成分有些許差異，造成浸泡後，亞硝酸鹽濃度不同。

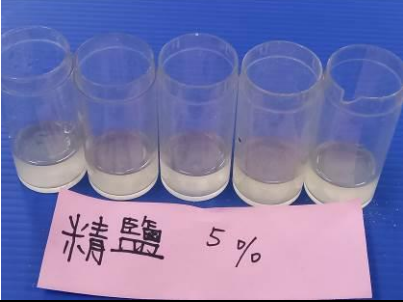
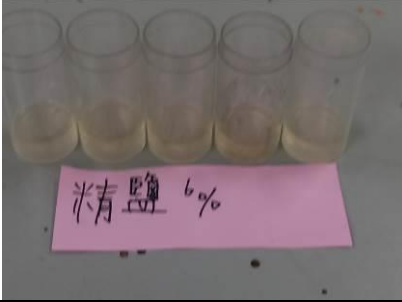
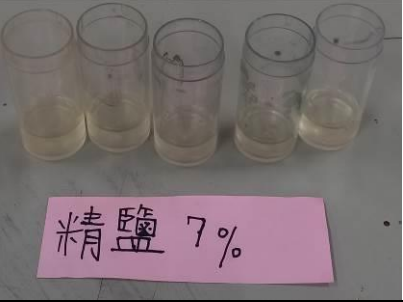
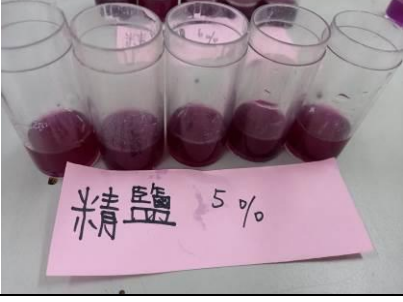
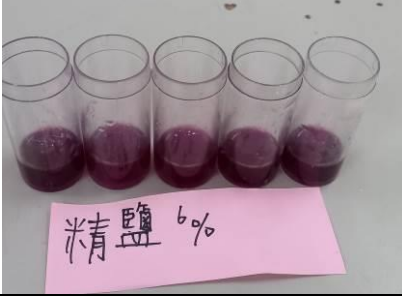

表 7：不同濃度粗鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

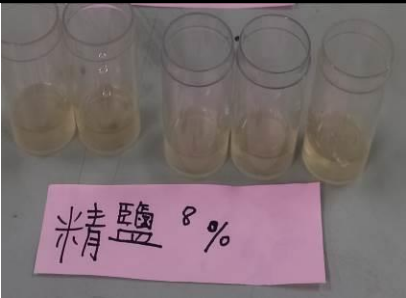
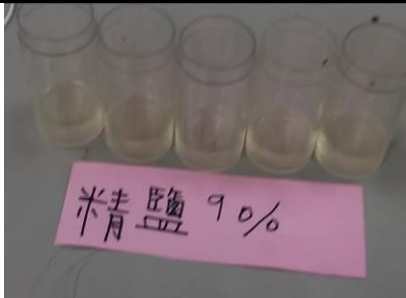
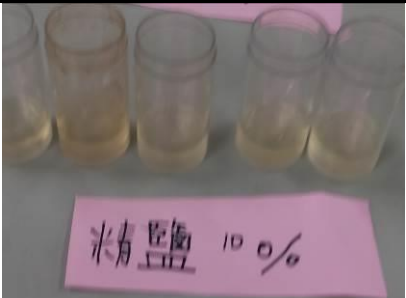
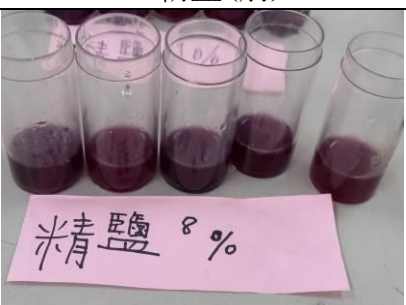
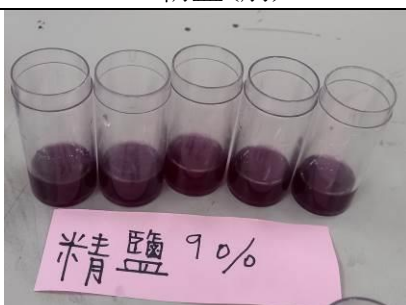
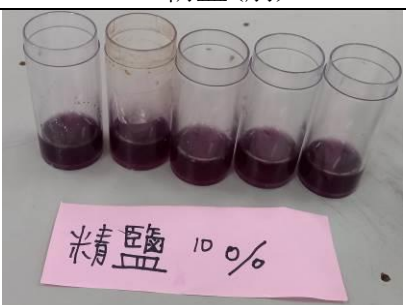


		
5%粗鹽(後)	6%粗鹽(後)	7%粗鹽(後)
		
8%粗鹽(前)	9%粗鹽(前)	10%粗鹽(前)
		
8%粗鹽(後)	9%粗鹽(後)	10%粗鹽(後)

前：實驗前 後：加入亞硝酸鹽測試液

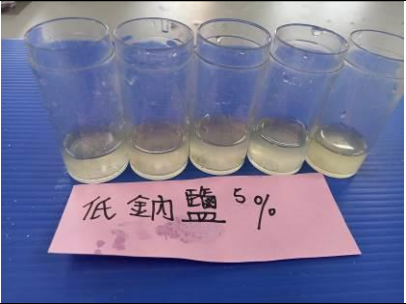
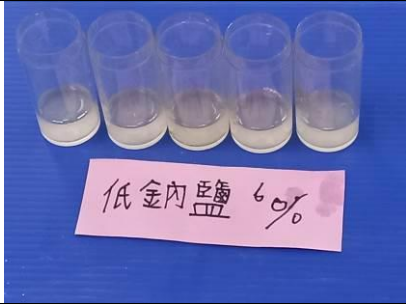

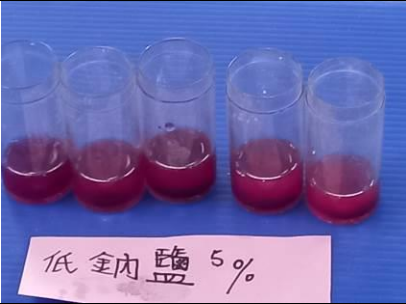
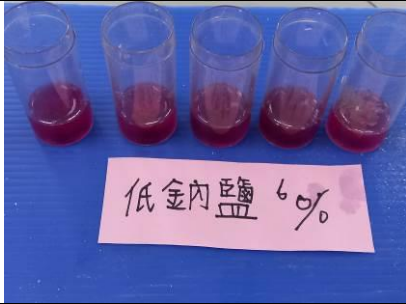

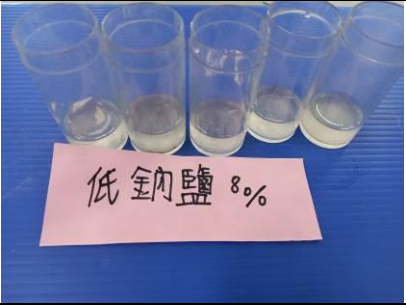
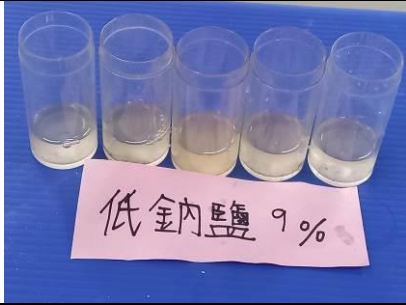
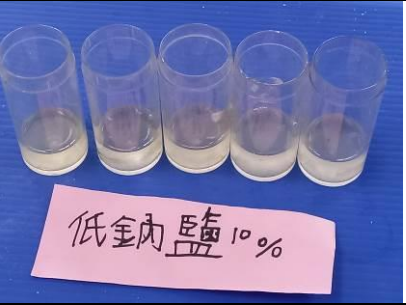
表 8：不同濃度精鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

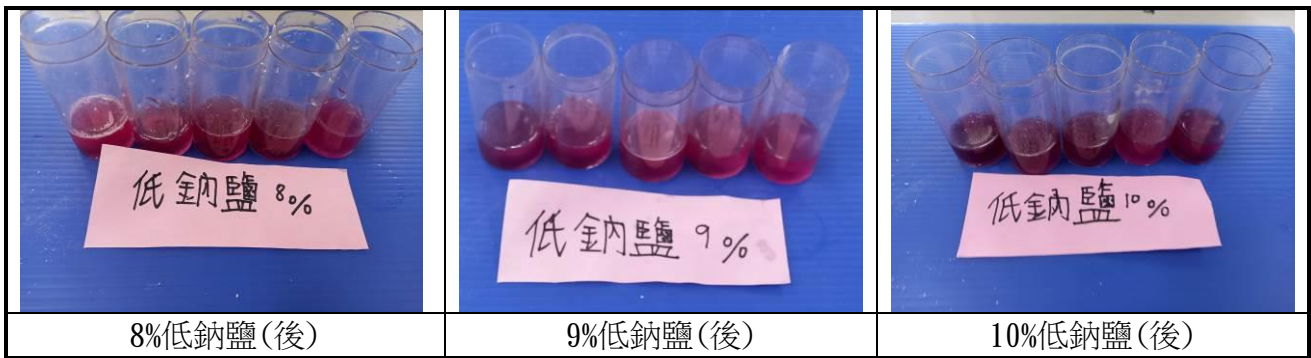
		
5%精鹽(前)	6%精鹽(前)	7%精鹽(前)
		
5%精鹽(後)	6%精鹽(後)	7%精鹽(後)

		
8%精鹽(前)	9%精鹽(前)	10%精鹽(前)
		
8%精鹽(後)	9%精鹽(後)	10%精鹽(後)

前：實驗前 後：加入亞硝酸鹽測試液

表 9：不同濃度低鈉鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

		
5%低鈉鹽(前)	6%低鈉鹽(前)	7%低鈉鹽(前)
		
5%低鈉鹽(後)	6%低鈉鹽(後)	7%低鈉鹽(後)
		
8%低鈉鹽(前)	9%低鈉鹽(前)	10%低鈉鹽(前)



前：實驗前 後：加入亞硝酸鹽測試液（本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同）

目的二、不同醃製方法，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

研究 2-1：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】：

在研究 1-1、1-2、1-3 是以不同濃度鹽水醃製芥菜，而傳統客家芥菜製作方法，是將芥菜陰乾、加鹽再以手搓揉，放入甕中醃製。我們想知道傳統製作酸菜方法，對醃製芥菜酸鹼、脫水的變化，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 傳統製作酸菜：取 250g 粗鹽、精鹽、低鈉鹽，芥菜三份，每份 500g。



2. 將鹽灑在芥菜，戴手套搓柔至芥菜表面柔軟。
3. 放入塑膠盒，套上保鮮膜。
4. 每兩天利用酸鹼測量機測一次酸鹼、芥菜重量的變化。
5. 重複實驗 5 次。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 酸鹼度變化：傳統方法（手搓）製作福菜，三種鹽的酸鹼度，都有下降趨勢（較不酸）
2. 脫水率：以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。

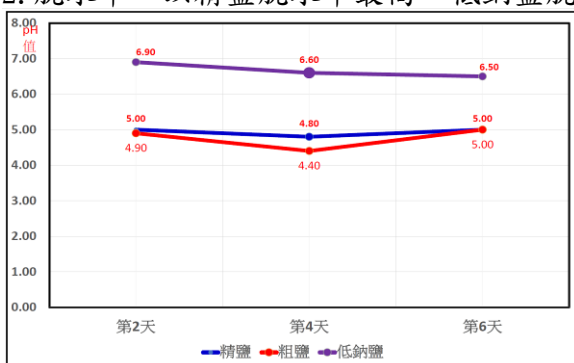


圖 8：傳統方法醃製芥菜酸鹼度變化

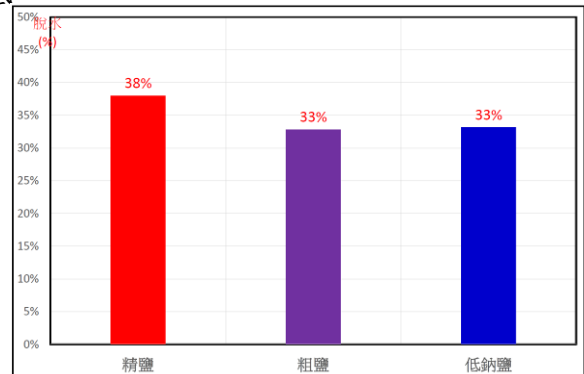


圖 9：傳統方法醃製芥菜脫水

【研究發現與討論】

傳統福菜製作，是以手工搓揉（腳踩），最後放置甕中發酵。實驗發現酸鹼度變化，傳統方法三種鹽的酸鹼度，隨著時間都有下降趨勢（較不酸）。在脫水率方面，以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。精鹽含有較高濃度的氯化鈉，滲透壓較高，因而水較易從芥菜中流出。建議如果要快速讓芥菜脫水，精鹽將是首選。

本實驗傳統方法（手搓法）與研究 1-1、1-2 浸泡醃製芥菜（浸泡法）比較，發現 5%-7% 浸泡法比傳統手搓法酸菜較酸，8%-10% 浸泡法比傳統手搓法酸菜較不酸。

研究 2-2：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜顏色的影響？

【研究構想】：

食農教育時參觀張先生家醃製的酸菜，發現有些顏色較綠，有些顏色較黃。我們想知道不同的醃漬方法，對醃製酸菜的顏色是否有影響，於是展開了以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 與研究2-1步驟1.~3.相同。
2. 利用Color Meter測量醃製的酸菜顏色變化。
3. 進行RGB顏色數值大小判斷【顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷，詳見P6】
4. 重複實驗5次。
5. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 依照 RGB 顏色判斷，精鹽、粗鹽 RG 高於 B 顏色偏黃色，低鈉鹽 RGB 接近，顏色偏暗綠。
2. 傳統製作方法，不同種類的鹽，醃製芥菜顏色不同。

表 10：傳統方法對酸菜顏色變化

鹽種類	日數				
	RGB(像素)	顏色	第 2 天	第 4 天	第 6 天
精鹽	R		78	81	114
	G		85	98	109
	B		51	46	79
粗鹽	R		142	97	132
	G		151	115	125
	B		88	55	99
低鈉鹽	R		136	146	131
	G		143	150	133
	B		102	125	128

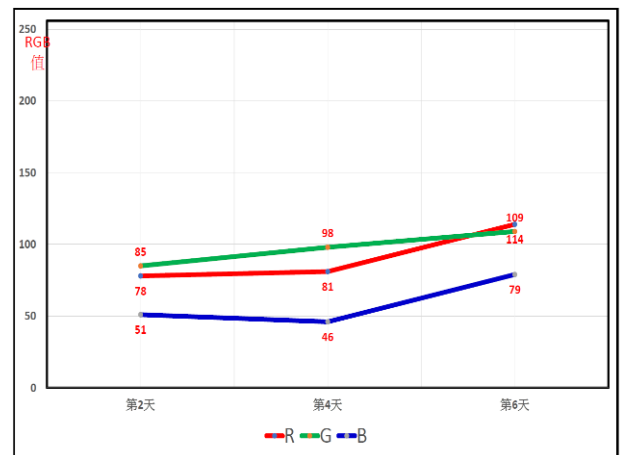


圖 10：傳統方法對酸菜顏色變化（精鹽）

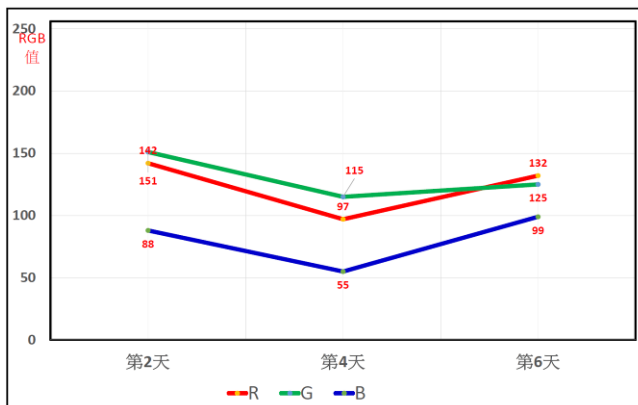


圖 11：傳統方法對酸菜顏色變化（粗鹽）

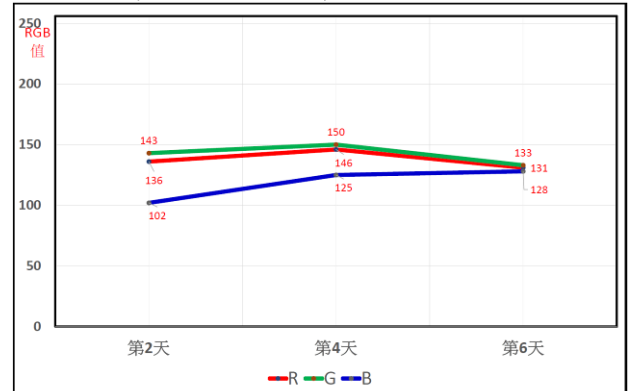


圖 12：傳統方法對酸菜顏色變化（低鈉鹽）



【研究發現與討論】

依照 RGB 顏色判斷，精鹽、粗鹽 RG 高於 B 顏色偏黃色，低鈉鹽 RGB 接近，顏色偏暗綠。所以依照傳統方法製作，不同種類的鹽，醃製芥菜顏色不同。

目的三、添加物對酸菜顏色、亞硝酸鹽影響

研究 3-1：添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】：

根據查到資料，為降低亞硝酸鹽含量，有用優格益生菌添加於福菜中。本研究想以生活中常見的養樂多試試看，是否能降低亞硝酸鹽含量？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 配置不同濃度水溶液：取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
2. 取養樂多10CC，分別加入步驟1.不同濃度粗鹽水溶液中。
3. 取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
4. 把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜。
5. 每2天取浸泡5%、6%、7%、8%、9%、10%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各5mL倒入小塑膠試管。
6. 重複步驟1.共5次，完成每個濃度5個塑膠試管酸菜水溶液。
7. 將5個5%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各加入1小平匙的亞硝酸鹽試劑，搖混均勻後觀察顏色變化，並比對顏色代表的亞硝酸鹽濃度，紀錄下來。【詳見亞硝酸鹽測試法P.6】
8. 改測試6%、7%、8%、9%、10%，重複實驗步驟3。
9. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 5%粗鹽、6%粗鹽、7%粗鹽加養樂多，在醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量最少。
2. 8%粗鹽、9%粗鹽加養樂多，在醃製到第10天時，亞硝酸鹽含量消失。
3. 10%粗鹽加養樂多，在醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量消失。

表 11：添加養樂多對酸菜亞硝酸鹽的影響

鹽濃度 (%)	鹽種類						
	亞硝酸鹽 (ppm)	2天	4天	6天	8天	10天	12天
5%粗鹽		2.18	3.40	3.80	3.80	2.20	0.00
6%粗鹽		2.20	2.60	3.80	4.20	1.80	0.50
7%粗鹽		0.80	1.80	4.20	4.20	3.00	0.20
8%粗鹽		0.70	2.20	3.00	3.00	0.00	0.00
9%粗鹽		0.70	0.80	0.50	1.00	0.00	0.00
10%粗鹽		0.90	1.80	2.20	3.80	3.00	0.00

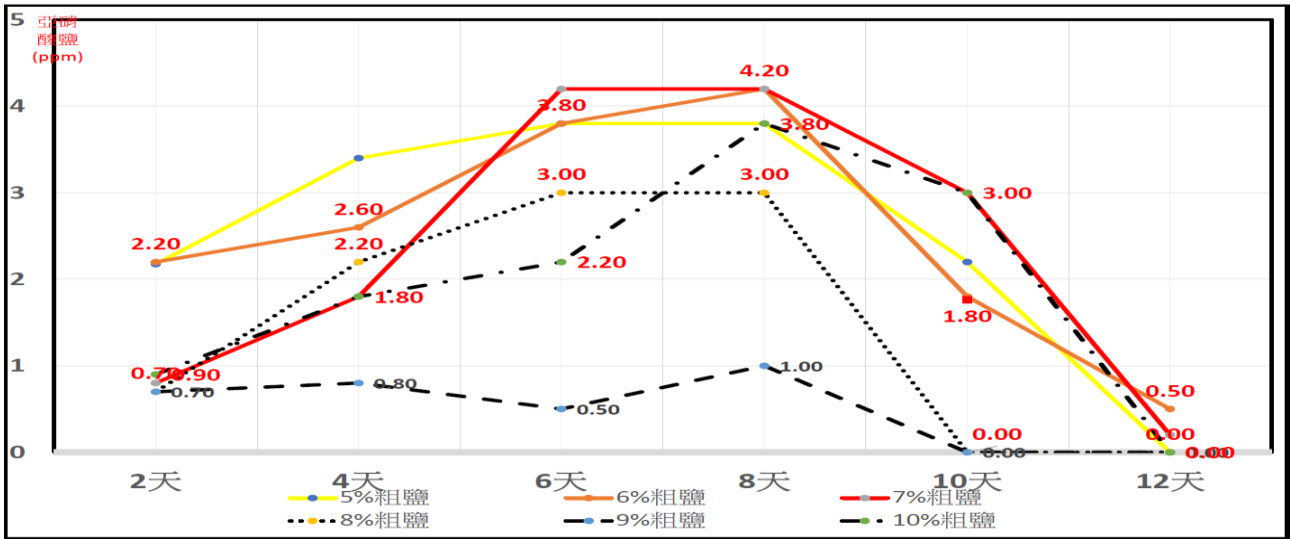
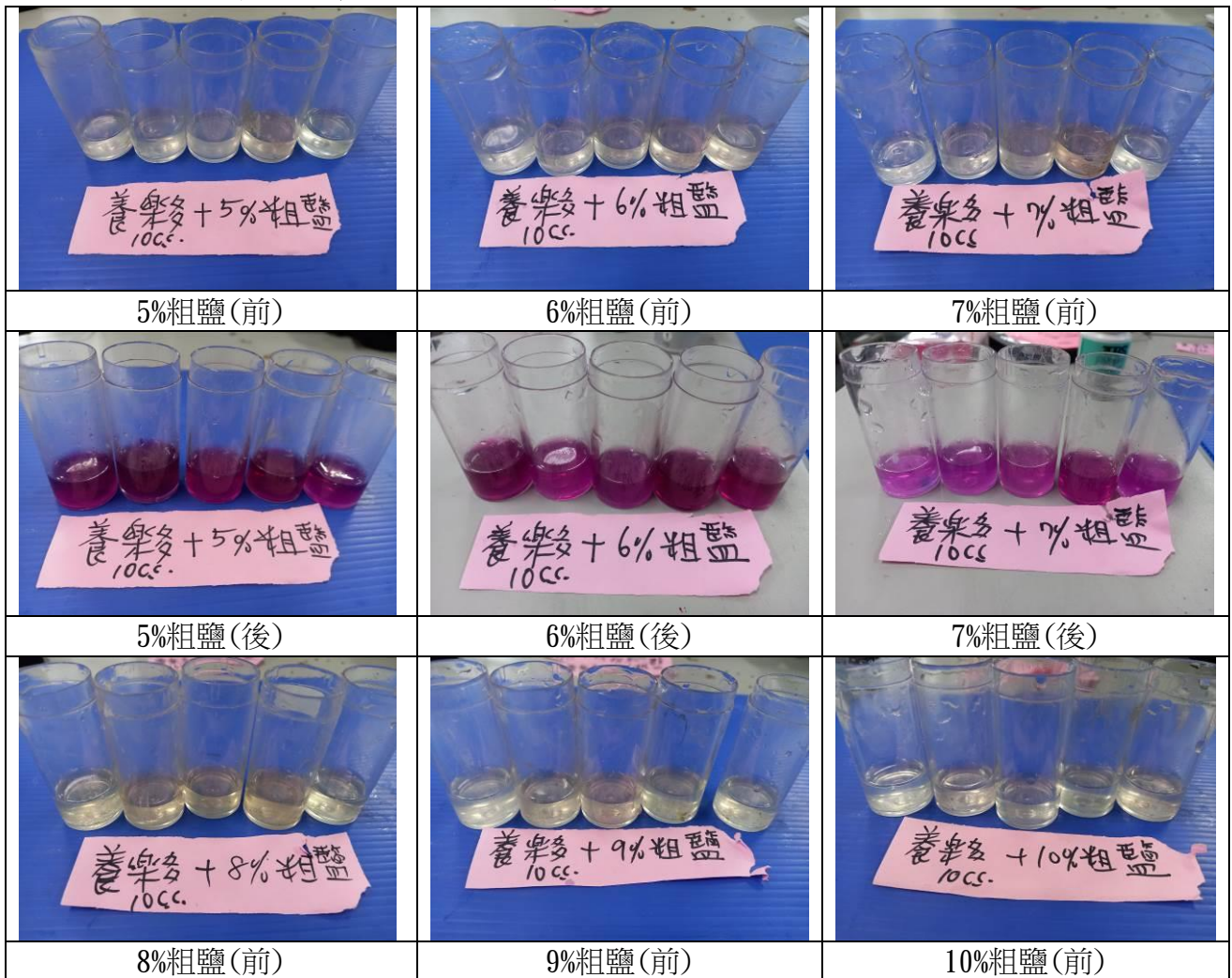
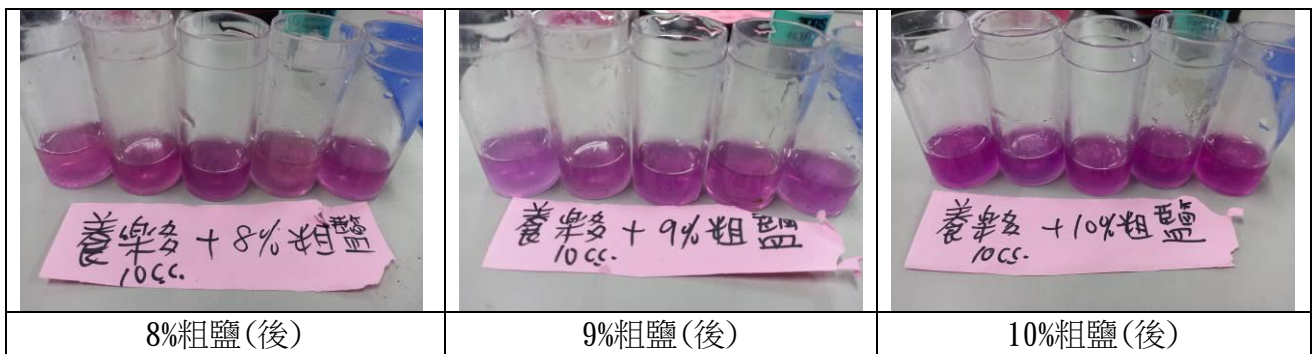


圖 13：添加養樂多對酸菜亞硝酸鹽的影響

表 12：添加養樂多對酸菜亞硝酸鹽的影響





(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

【研究發現與討論】

根據實驗，5%、6%、7%粗鹽加養樂多，醃製到第 12 天時，亞硝酸鹽含量最少。8%粗鹽、9%粗鹽加養樂多，在醃製到第 10 天時，亞硝酸鹽含量消失。10%粗鹽加養樂多，在醃製到第 12 天時，亞硝酸鹽含量消失。顯示，鹽濃度較高，亞硝酸鹽含量較早消失。

研究 3-2：添加養樂多，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】：

根據研究前一個實驗加養樂多可降低亞硝酸鹽含量。對於酸菜顏色有何影響？就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 與研究3-2實驗步驟1.~4.相同。
2. 利用Color Meter測量醃製的芥菜顏色變化。
3. 進行RGB顏色數值大小判斷【顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷，詳見P6】
4. 重複實驗5次。
5. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 養樂多加粗鹽的 RGB，大多以 R 值較大，顏色較偏黃色。
2. 與未加養樂多相比，顏色比較黃。

表 13：添加養樂多對酸菜顏色的影響

日數	濃度%	5%			6%			7%		
		RGB(像素)	R	G	B	R	G	B	R	G
2 天		68.00	93.00	35.00	67.00	95.00	46.00	75.00	81.00	47.00
4 天		92.00	108.00	61.00	99.00	129.00	79.00	80.00	108.00	60.00
6 天		53.00	42.00	10.00	47.00	43.00	16.00	108.00	117.00	64.00
8 天		146.00	148.00	143.00	55.00	49.00	33.00	103.00	99.00	74.00
10 天		54.00	41.00	25.00	132.00	133.00	125.00	64.00	55.00	22.00
12 天		66.00	49.00	39.00	55.00	41.00	30.00	105.00	88.00	58.00

(續前表)

日數 \ 濃度%	8%			9%			10%		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
2天	124.00	142.00	90.00	62.00	90.00	42.00	160.00	173.00	130.00
4天	56.00	72.00	33.00	79.00	97.00	59.00	49.00	62.00	16.00
6天	67.00	69.00	45.00	60.00	64.00	29.00	127.00	147.00	78.00
8天	83.00	85.00	72.00	87.00	99.00	53.00	100.00	93.00	74.00
10天	58.00	57.00	36.00	73.00	62.00	30.00	72.00	75.00	58.00
12天	136.00	126.00	91.00	40.00	41.00	23.00	91.00	77.00	76.00

表 14：添加養樂多對酸菜顏色的影響圖

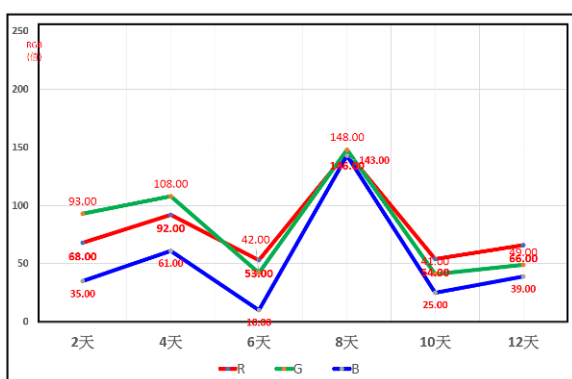


圖 14：養樂多 5%粗鹽 RGB

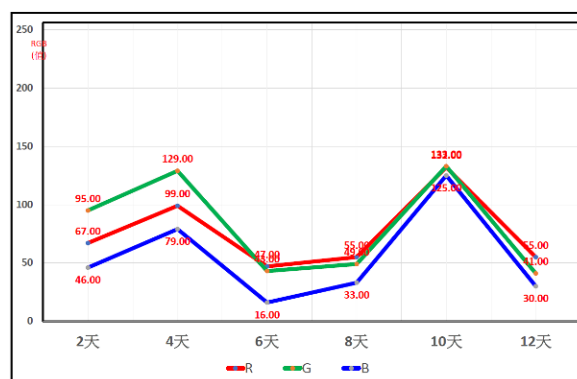


圖 15：養樂多 6%粗鹽 RGB

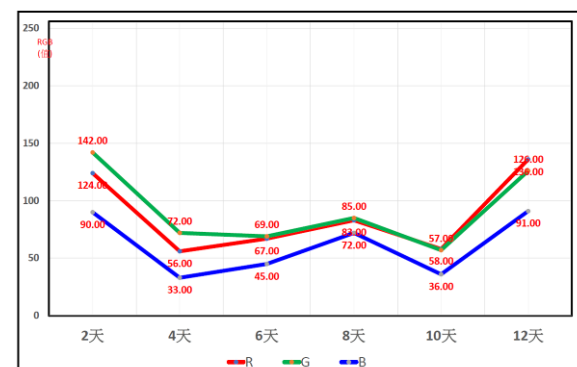
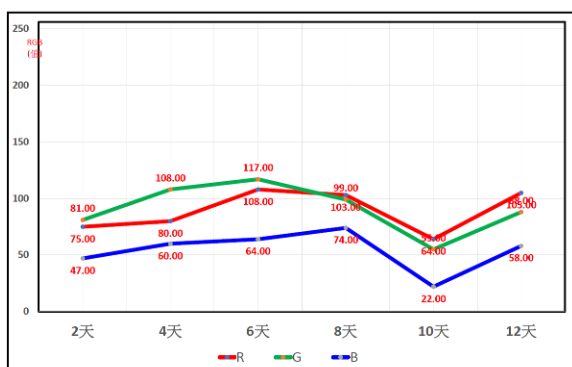


圖 16：養樂多 7%粗鹽 RGB

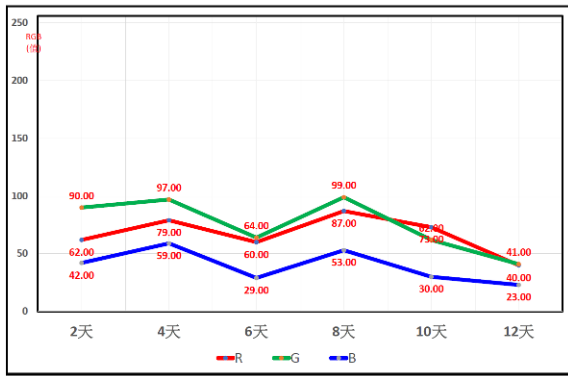


圖 17：養樂多 8%粗鹽 RGB

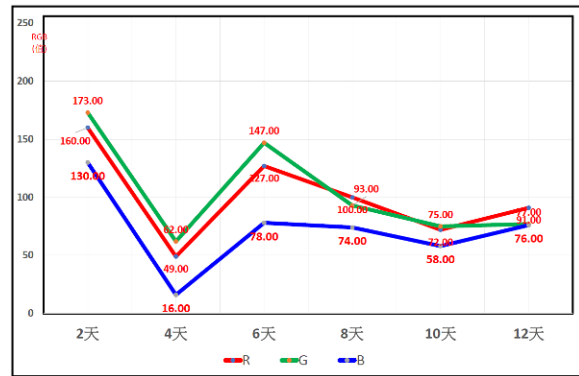


圖 18：養樂多 9%粗鹽 RGB

圖 19：養樂多 10%粗鹽 RGB

【研究發現與討論】

養樂多加粗鹽的 RGB，大多以 R 值較大，顏色較偏黃色。與未加養樂多相比，顏色比較黃。顯示加養樂多可以提升發酵效果。

目的四、不同環境，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

研究 4-1：有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】：

我們想知道有無光，對酸菜酸鹼的變化。因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 配置不同濃度水溶液：取160g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成8%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
2. 取4份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
3. 把芥菜放在8%、10%不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜。兩組放置紙箱（無光）、兩組放在桌上（有光）
4. 每2天利用酸鹼測量儀，測量浸泡8%、10%濃度粗鹽的酸菜水溶液的酸鹼。
5. 測量5次。
6. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 有光的環境下，浸泡 8%、10%粗鹽，越多天越酸。
2. 無光的環境下，浸泡 8%、10%粗鹽，越多天越酸。
3. 有光的環境比無光環境，浸泡液較酸。

表 15：有無光對酸菜酸鹼的影響

光-濃度(%)	日數			
	2天	4天	6天	8天
有光 8%	5.74	5.18	4.76	4.80
有光 10%	5.80	5.36	5.06	4.62
無光 8%	5.66	5.28	4.96	5.00
無光 10%	5.80	5.52	5.34	5.52

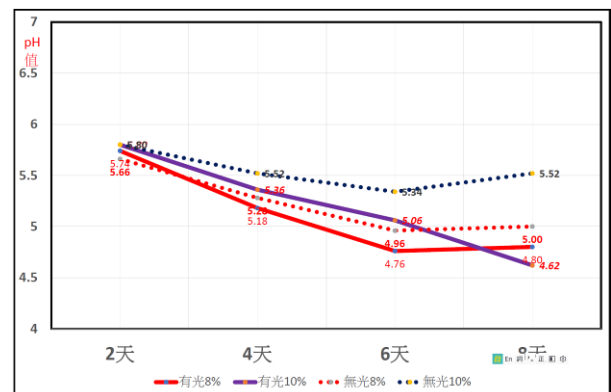


圖 20：有無光對酸菜酸鹼的影響

【研究發現與討論】

由實驗發現，浸泡較多天酸菜浸泡液越酸；有光的環境，酸菜浸泡液越酸。顯示有光，有助於酸菜發酵，同樣，越多天越酸。

研究 4-2：有光、無光環境，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】：

我們想知道有無光，對酸菜顏色的變化。因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 與研究3-1相同步驟1~3。
2. 利用Color Meter測量酸菜顏色變化。
3. 進行RGB顏色數值大小判斷【顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷，詳見P6】
4. 重複實驗5次。
5. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 以 ColorMeter 測得數值大小分析：浸泡 10 天有光無光都是 RG 數值較高，依照顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷偏黃色。
2. 以照片判斷有光、無光，都是浸泡 10 天，酸菜顏色較黃。

【研究發現與討論】

由實驗發現，有無光都是泡越久，顏色較偏黃色。以 ColorMeter 測得數值大小，也顯示 RG 數值較大，偏黃色。軟體測到數值與實際照片一致。

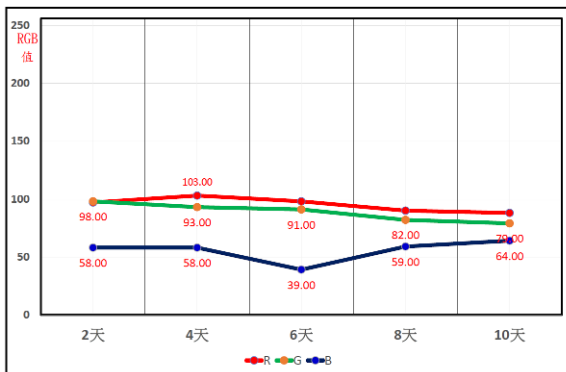


圖 21：8%粗鹽有光 RGB 比較

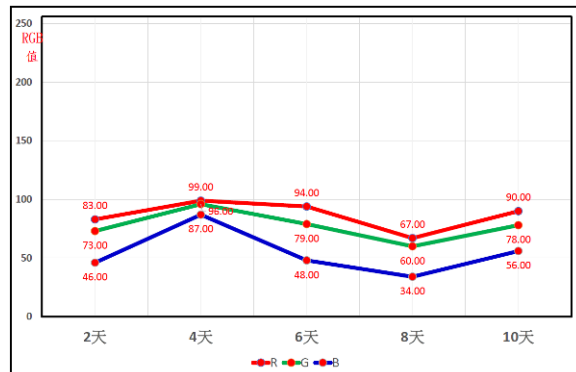


圖 22：8%粗鹽無光 RGB 比較

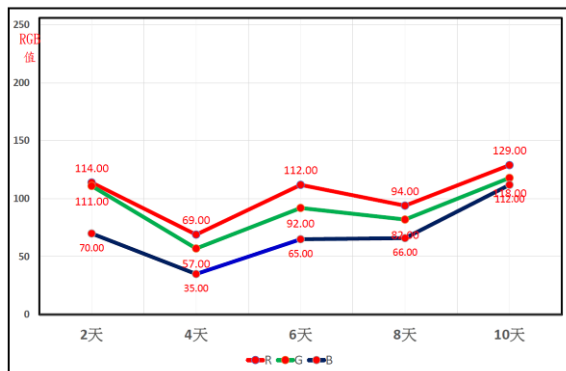


圖 23：10%粗鹽有光 RGB 比較

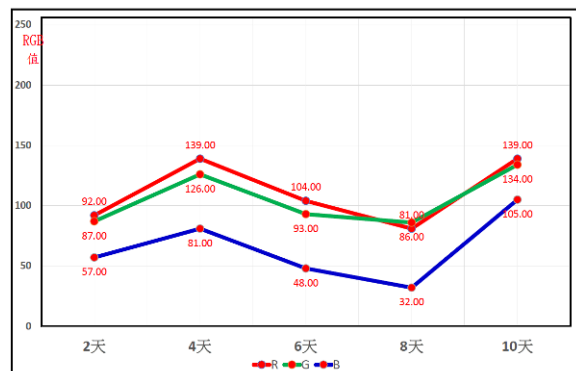






圖 24：10%粗鹽無光 RGB 比較

表 16：有光、無光對酸菜顏色的影響

濃度	8%粗鹽	10%粗鹽
2天 有光 酸菜 顏色		
10天 有光 酸菜 顏色		
濃度	8%粗鹽	10%粗鹽
2天 無光 酸菜 顏色		
10天 無光 酸菜 顏色		

研究 4-3：有光、無光環境，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】：

我們想知道有無光，對酸菜亞硝酸鹽含量的影響。因此進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 與研究3-1相同步驟1~3。
2. 將有光、無光8%、10%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各取5mL各加入1小平匙的亞硝酸鹽試劑，搖混均勻後觀察顏色變化，並比對顏色代表的亞硝酸鹽濃度，紀錄下來。【詳見亞硝酸鹽測試法P.6】
3. 重複實驗5次。
4. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 無光 8%粗鹽亞硝酸鹽含量>有光 8%粗鹽亞硝酸鹽含量。
2. 無光 10%粗鹽亞硝酸鹽含量>有光 10%粗鹽亞硝酸鹽含量。

【研究發現與討論】

由實驗發現，無光環境使亞硝酸鹽含量較多，因此，醃製芥菜時，要降低亞硝酸鹽含量，在

有光的環境較好。

表 17：有無光對酸菜亞硝酸鹽的影響

鹽濃度 (%) \ 亞硝酸鹽 (ppm)		日數			
		2 天	4 天	6 天	8 天
8%	有光	0.90	1.00	0.25	1.80
	無光	1.00	2.80	3.00	5.00
10%	有光	0.15	1.30	1.85	3.00
	無光	0.70	2.60	3.80	3.80

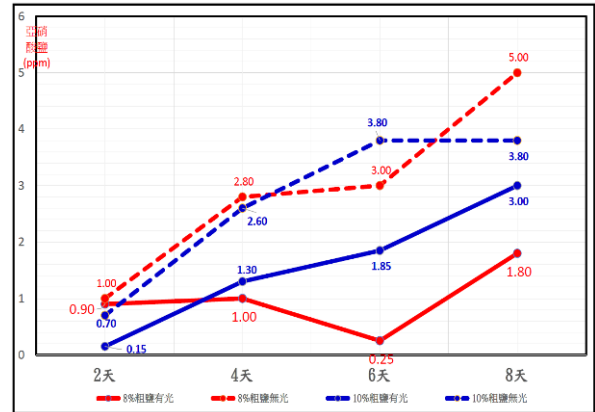


圖 25：有無光對酸菜亞硝酸鹽的影響

表 27：有光、無光對酸菜亞硝酸鹽的影響

濃度	8%粗鹽		10%粗鹽	
	實驗前	實驗後	實驗前	實驗後
有光				
無光				

(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

目的五、不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度、亞硝酸鹽的影響

研究 5-1：不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度的影響？

【研究構想】：

芥菜經過第一階段放入鹽水浸泡（第一次發酵），10天後取出、瀝乾，再將它放在瓶子塞緊，進行二次發酵。我們想知道，經過一個月後，瓶子中的福菜酸鹼性有何變化？就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

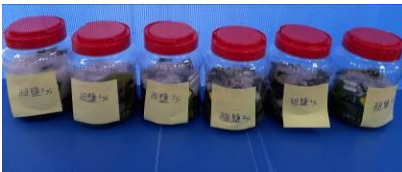
1. 先將浸泡不同濃度粗鹽水的芥菜，取出、瀝乾，放在瓶子中塞緊。

(1) 取出福菜





(2) 塞入瓶中~二次發酵



2. 一個月後取出，加蒸餾水，再用酸鹼檢測儀測試酸鹼。



3. 重複實驗5次。

4. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 不同濃度粗鹽醃製福菜，5%粗鹽醃製的福菜最酸。
2. 不同濃度精鹽醃製福菜，5%精鹽醃製的福菜最酸。
3. 不同濃度低鈉鹽醃製福菜，8%低鈉鹽醃製的福菜最酸。

【研究發現與討論】

由實驗發現，5%粗鹽、5%精鹽的福菜最酸，而低鈉鹽以8%低濃度的福菜最酸。因此，普遍以較低濃度鹽，醃製的福菜最酸。與研究 1-1 結果相同，低濃度鹽酸菜較酸。

表 19：不同濃度鹽對福菜酸鹼度的影響

種類 濃度(%) 酸鹼(pH)	粗鹽	精鹽	低鈉鹽
5%	5.14	6.96	8.24
6%	7.68	7.94	8.30
7%	8.10	8.38	8.40
8%	8.54	7.54	7.54
9%	8.30	7.54	9.48
10%	7.32	7.70	8.80

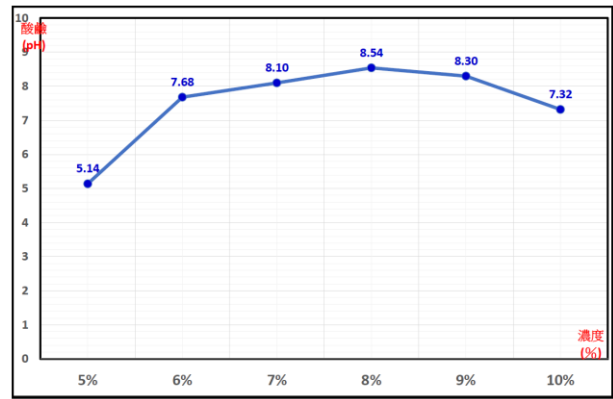


圖 26：不同濃度粗鹽對福菜酸鹼度的影響

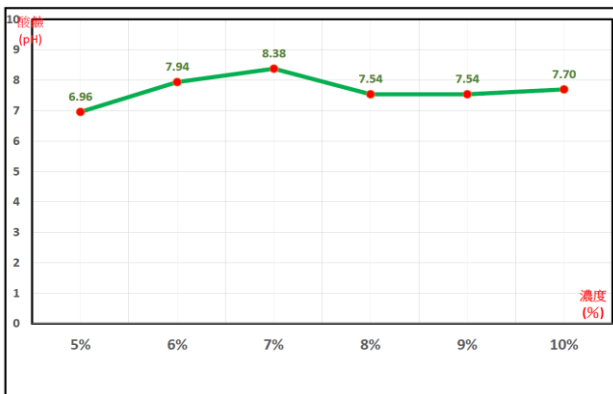


圖 27：不同濃度精鹽對福菜酸鹼度的影響

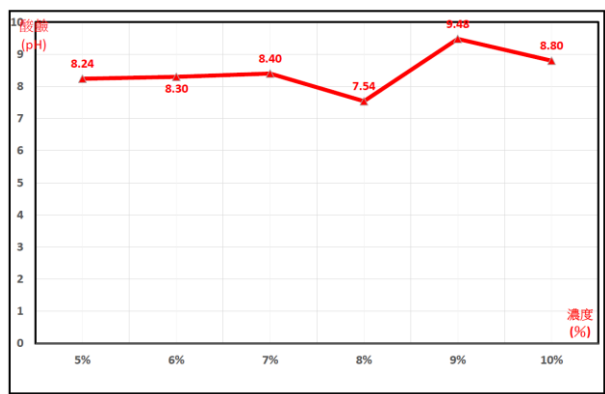


圖 28：不同濃度低鈉鹽對福菜酸鹼度的影響

研究 5-2：不同種類濃度的鹽，對福菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】：

芥菜經過第一階段放入鹽水浸泡（第一次發酵），10天後取出、瀝乾，再將它放在瓶子塞緊，進行二次發酵。我們想知道，經過一個月後，瓶子中的福菜酸亞硝酸鹽有何變化？就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.與研究5-1步驟1.相同。
- 2.改用將用亞硝酸鹽試劑測試，比對顏色代表的亞硝酸鹽濃度，紀錄下來。【詳見亞硝酸鹽測試法P.6】
- 3.重複實驗5次。
4. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.粗鹽醃製的福菜：亞硝酸鹽幾乎為0（ppm）。
- 2.精鹽醃製的福菜：僅5%、6%亞硝酸鹽幾乎為為1（ppm）。
- 3.低鈉鹽醃製的福菜：最高約約2（ppm）

【研究發現與討論】

發現粗鹽醃製的福菜其亞硝酸鹽幾乎為0（ppm），精鹽醃製的福菜，僅5%及6%濃度時亞硝酸鹽幾乎為為1（ppm）。而低鈉鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽最高約2(ppm)顯示，低鈉鹽醃製之福菜，亞硝酸鹽較高。推測每種鹽成分不同，造成福菜中，菌產生亞硝酸鹽的含量不同。

表20：不同濃度鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

鹽濃度 (%)	日數 亞硝酸鹽 (ppm)	粗鹽	精鹽	低鈉鹽
		5%	0.25	1.00
6%		0.00	1.00	1.50
7%		0.00	0.25	2.00
8%		0.00	0.00	2.00
9%		0.00	0.00	2.00
10%		0.25	0.80	0.00

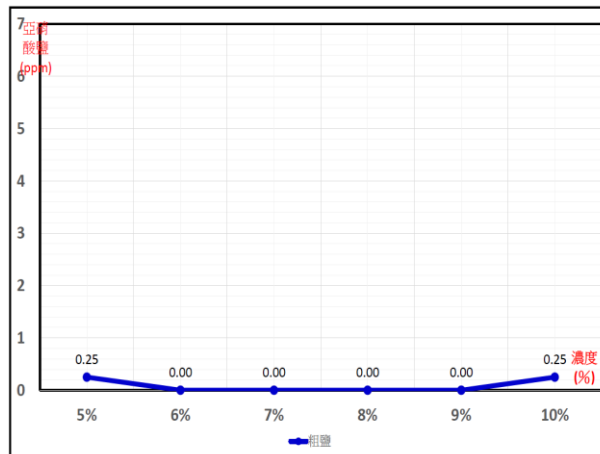


圖29：粗鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

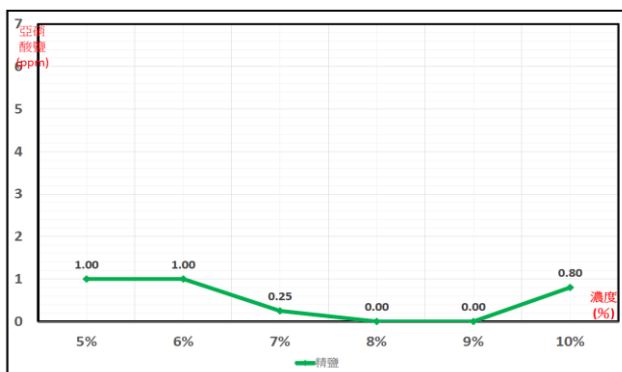


圖 30：精鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

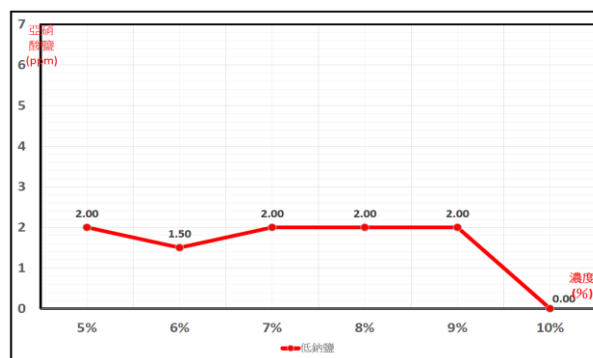
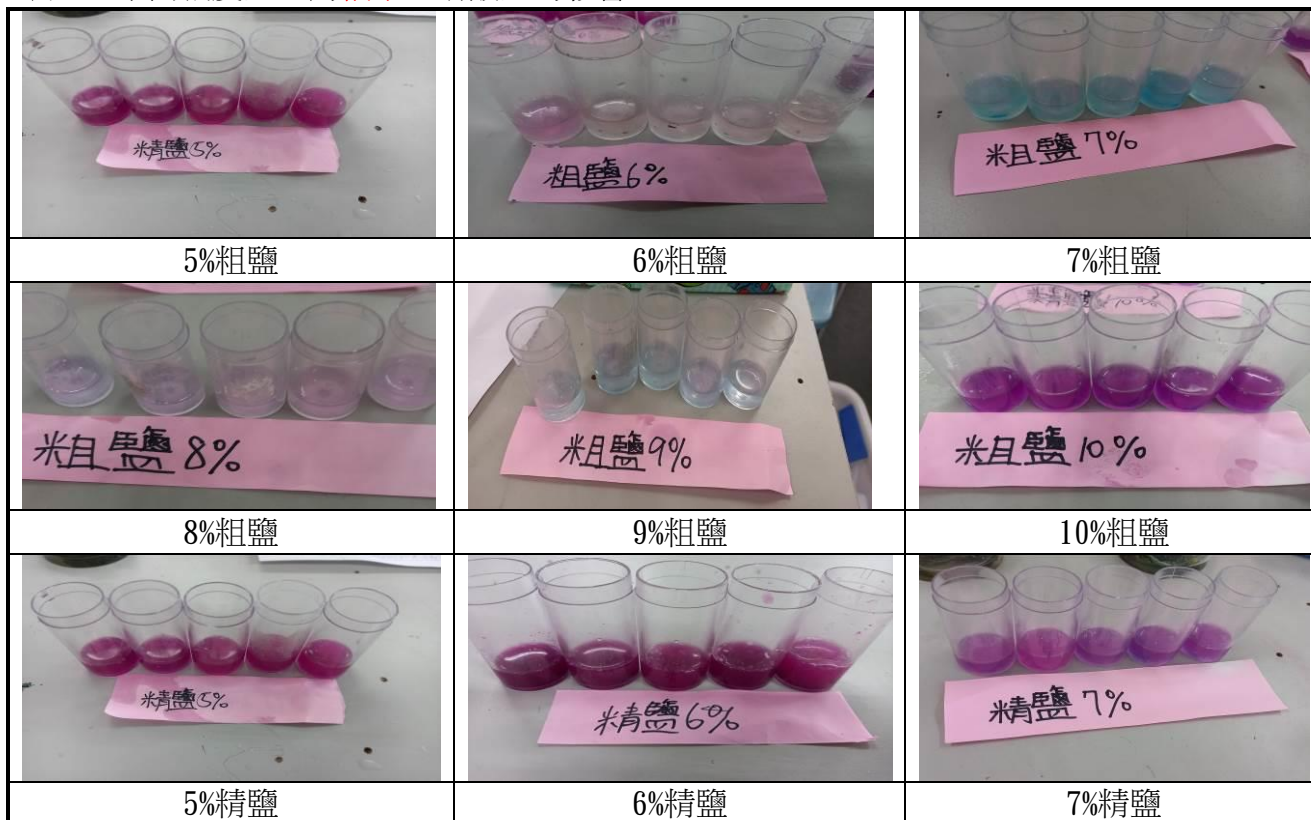
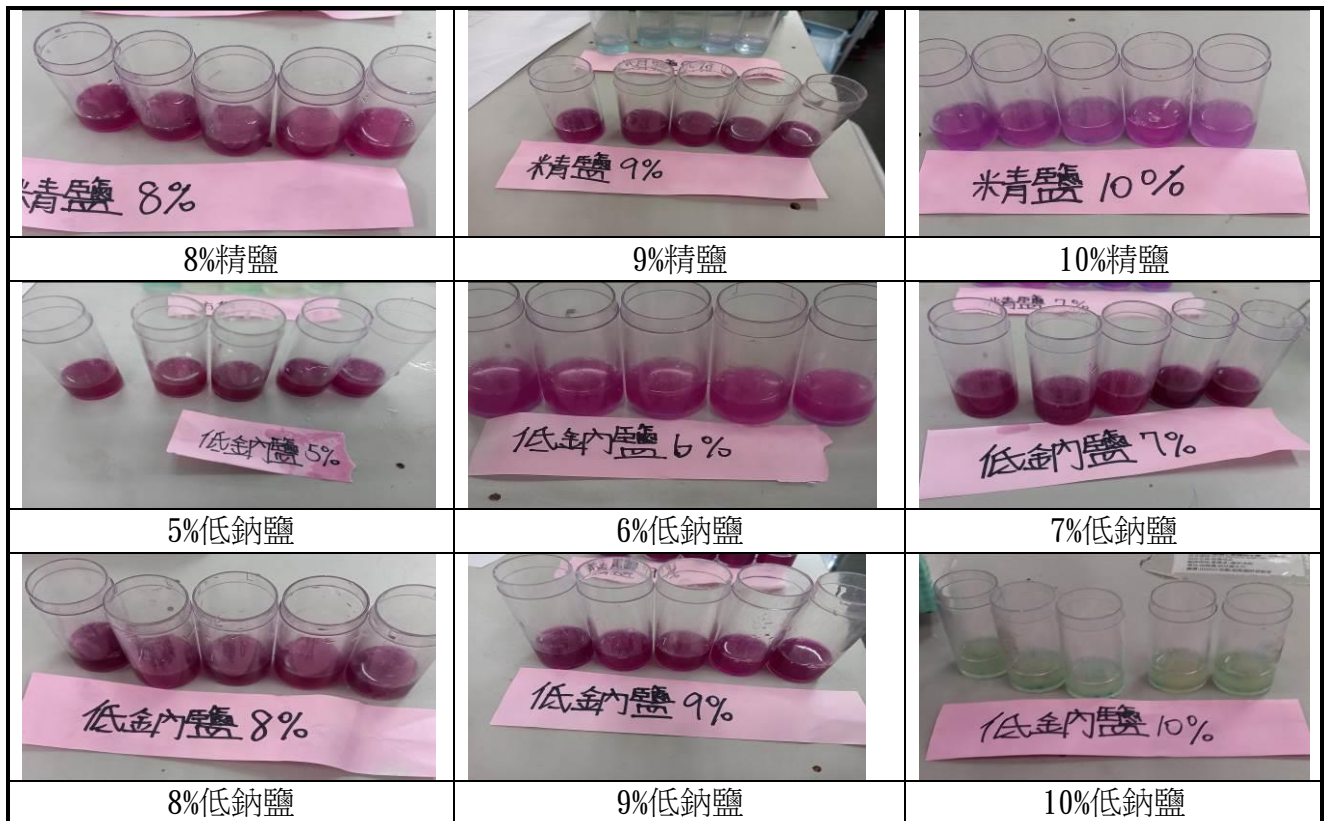


圖 31：低鈉鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

表21：不同濃度鹽，對福菜亞硝酸鹽的影響





肆、討論

一、不同種類、濃度的鹽，對酸菜酸鹼度、顏色亞硝酸鹽影響

由【研究 1-1】發現不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響為浸泡不同濃度粗鹽的芥菜，鹽的濃度越低，浸泡芥菜後的浸泡液酸性最強。因此，若希望酸菜吃起來較酸，可以在浸泡時，不需加太多的鹽。此結果與文獻（54 屆全國科展）結果相同，鹽濃度越低，浸泡液酸性越強。

由【研究 1-2】發現不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響不同。透過顏色檢測軟體（ColorMeter），讓我們較容易判斷顏色變化。鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。根據文獻芥菜浸泡粗鹽水溶液的發酵過程，鹽的濃度變低時，水溶液變得較酸，葉綠色脫鎂而變成黃色。

由【研究 1-3】發現不同種類鹽水，對醃製酸菜酸鹼度的影響為，不同種類鹽，對芥菜浸泡時酸鹼變化不同。粗鹽與低鈉鹽的濃度越低，酸性越強。而精鹽浸泡液，對酸菜酸鹼影響較小。不同種類鹽水溶液，浸泡天數，對酸鹼變化也不同。粗鹽浸泡 4 天時較酸；精鹽，浸泡 4 天時較不酸；低鈉鹽，前 6 天較不酸，8 天時較酸。

由【研究 1-4】發現粗鹽浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越高。而低鈉鹽、精鹽，浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越低。推測粗鹽成分含其他成分（雜質和礦物質（鎂、鉀、鈣等），低鈉鹽含氯化鈉、氯化鉀、硫酸鎂，成分不同，發酵過程微生物無法讓硝酸鹽變成亞硝酸鹽，因而利用「粗鹽」、「低鈉鹽」醃製時，濃度越高亞硝酸鹽濃度越低。

二、不同醃製方法，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

由【研究 2-1】傳統方法福菜製作，是以手工搓揉（腳踩），最後放置甕中發酵。實驗發現酸鹼度變化，傳統方法三種鹽的酸鹼度，都有下降趨勢（較不酸）。在【研究 2-1】實驗，以傳統方法醃製（用手搓揉）與研究 1-1、1-2 浸泡醃製芥菜比較，發現精鹽、粗鹽、低鈉鹽酸鹼度，發現傳統方法醃製的福菜其酸鹼度值數較大（pH），顯示傳統方法醃製福菜較不酸。

以傳統方法醃製（用手搓揉），在脫水率方面，以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。如果要快速讓芥菜脫水、醃製，精鹽將是首選。

由【研究 2-2】發現不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸顏色的影響為依照 RGB 顏色判斷，精鹽、粗鹽 RG 高於 B 顏色偏黃色，低鈉鹽 RGB 接近，顏色偏暗綠。傳統製作方法，不同鹽對顏色影響不同。

三、添加物對酸菜顏色、亞硝酸鹽影響

由【研究 3-1】發現添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響為根據實驗，5%、6%、7% 粗鹽加養樂多，醃製到第 12 天時，亞硝酸鹽含量最少。8%粗鹽、9%粗鹽加養樂多，在醃製到第 10 天時，亞硝酸鹽含量消失。10%粗鹽加養樂多，在醃製到第 12 天時，亞硝酸鹽含量消失。顯示鹽濃度較高，亞硝酸鹽含量較早消失。

經查詢養樂多成份為養樂多代田菌（*Lactobacillus casei* Shirota），此菌種為自然醃製芥菜時主要的菌種。當加入養樂多後，相當於增加原先發酵時的菌數，因而，亞硝酸鹽到第 10 天時，亞硝酸鹽含量消失。

由【研究 3-2】發現添加養樂多，對酸菜酸顏色的影響，在養樂多加粗鹽時測量 RGB 值，發現大多以 R 值較大，顏色較偏黃色。與未加養樂多相比，顏色比較黃。顯示加養樂多，可以提升發酵效果。

四、不同環境，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽影響

由【研究 4-1】發現有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響，由實驗發現，浸泡較多天酸菜浸泡液越酸；有光的環境，酸菜浸泡液越酸。顯示有光，有助於酸菜發酵。

由【研究 4-2】發現有無光都是泡越久，顏色較偏黃色。以 ColorMeter 測得數值大小，也顯示 RG 數值較大，偏黃色。軟體測到數值與實際照片一致。

由【研究 4-3】發現無光環境使亞硝酸鹽含量較多，因此，醃製芥菜時，要降低亞硝酸鹽含量，在有光的環境較好。

五、不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度的影響

由【研究 5-1】發現不同濃度鹽，以 5%粗鹽、5%精鹽所醃製的福菜最酸，而低鈉鹽以 8%低濃度醃製的福菜最酸。因此，普遍以較低濃度鹽，醃製的福菜最酸。

由【研究 5-2】發現不同濃度粗鹽，福菜亞硝酸鹽幾乎為 0（ppm）。精鹽醃製的福菜，僅 5%、6%亞硝酸鹽幾乎為 1（ppm）。而低鈉鹽醃製的福菜，亞硝酸最高約 2（ppm）。因此，低鈉鹽醃製之福菜，亞硝酸鹽較高。

陸、結論

本研究針對不同鹽類、濃度、醃製方法及環境條件對「客家芥菜」的酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽含量的影響進行研究，結果顯示：

一、不同濃度粗鹽對酸菜影響：

- 1.酸鹼變化：鹽的濃度越低，浸泡芥菜後浸泡液酸性越強。
- 2.顏色變化：鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。
- 3.亞硝酸鹽變化：粗鹽濃度越低，亞硝酸鹽越低。

二、不同種類鹽對酸菜影響：

- 1.酸鹼性變化：粗鹽、低鈉鹽的濃度低，酸性較強；而精鹽浸泡液，對芥菜酸鹼影響較小。
- 2.酸菜顏色變化：精鹽、粗鹽酸菜顏色偏黃色，低鈉鹽酸菜顏色偏暗綠。
- 3.亞硝酸鹽變化：粗鹽、低鈉鹽濃度越低酸性較強，而粗鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越高，而低鈉鹽、精鹽濃度越高，產生的亞硝酸鹽越低

三、不同方法醃製對酸菜影響：

- 1.酸鹼性變化：傳統方法度，數天後變得較不酸。
- 2.顏色變化：精鹽、粗鹽顏色偏黃色，低鈉鹽顏色偏暗綠。
- 3.脫水率：以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。如果要快速讓芥菜脫水、醃製，精鹽將是首

選。

四、添加物-加養樂多對酸菜影響

- 1.亞硝酸鹽變化：不同濃度粗鹽添加加養樂多，醃製到 10-12 天時，亞硝酸鹽含量消失。
- 2.酸菜顏色變化：養樂多加粗鹽，顏色較偏黃色。

五、有無光的環境對酸菜影響

- 1.酸鹼性變化：有光的環境比無光環境酸。
- 2.顏色變化：有無光都是泡越久，顏色較偏黃色。
- 3.亞硝酸鹽變化：無光環境比有光環境亞硝酸鹽含量較多。

六、不同濃度粗鹽對福菜影響

- 1.酸鹼性：以 5%粗鹽、5%精鹽所醃製的福菜最酸，而低鈉鹽以 8%低濃度醃製的福菜最酸。
- 2.亞硝酸鹽變化：粗鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽幾乎為 0 (PPM)。

柒、研究心得

- ：我們花了很多時間，做了好多實驗及紀錄。我們學到家鄉福菜製作過程，鹽的濃度，對酸鹼的影響。以及小組合作的重要！
- ：進行福菜的研究，讓我覺得很有成就感。不僅是因為身為組長，我必須更認真，還因為進行這個研究，我們犧牲了自己的假日、午休，元宵節、兒童節、清明節的假期。不過，這個研究讓我更認識福菜，更重要的事，我們發現可以減少鹽，讓福菜不致太鹹，對人體更健康。
- ：在第一次研究醃製芥菜時，我們小組就手忙腳亂，剛開時始竟然忘記要先將芥菜清洗乾淨再陰乾，後來又發現上面居然還有泥沙、小樹葉；另外，還有同學慌張之間打翻裝鹽的罐子，導致現場一片驚呼。還好在老師細心的指導之下，讓我們嘗試著調整各種鹽的濃度，經過無數次的試驗，經過實驗組、對照組的比較後，終於製作出色香味俱全的美味福菜。在這次的製作福菜過程中，讓我深刻的體會，每一個實驗步驟都極為重要，若是稍有丁點差錯，最後可能會導致實驗重來；讓我學會，做科學研究必須膽大心細；更重要的是學會與人合作，才能圓一個小小的科學夢。

捌、參考文獻

1. 「優鹹」製菜以優勢菌種法改良酸菜製程之研究，第 54 屆全國科展，高職組。113. 2. 1 取自科展群傑廳 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/091402.pdf>
2. 奇妙的保存劑“食鹽”，第 43 屆全國科展，國小組生活與應用科學科。113. 2. 1 取自科展群傑廳 <https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=689>
3. 魯敏、呂淑清（2009）。酸菜醃製過程中亞硝酸鹽含量的影響因素，中國囊造，第 206 期 p139-140。
4. 古代保存食物的絕招 「鹽巴」為什麼能防腐？113. 2. 1 取自 <https://health.ettoday.net/news/1160502>。
5. 福菜。113. 2. 1 取自維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A6%8F%E8%8F%9C>
6. 精鹽、海鹽、玫瑰鹽差在哪？常見鹽巴圖解秒懂。113. 2. 1 取自 <https://www.cookpot.com.tw/article/418.html>
7. 海鹽和精製鹽有什麼區別？113. 2. 1 取自 <https://www.ishigakinoshio.com/zh/tennenjio-gyoumuyou>
8. 蔬菜中硝酸鹽 Q&A，113. 4. 1 取自衛生福利部食品藥物管理署 <https://reurl.cc/8vXYby>
9. TBSNO2 亞硝酸鹽檢測。113. 2. 1 取自 <https://www.tbs-aqua.com/product/productDetail?id=37>
10. 林詩婷（2021）。台灣傳統發酵芥菜製品是探索新穎性，生物資源保存及研究簡訊，第 34 卷第 4 期，p. 2-4。取自 <https://reurl.cc/ezyZGL>
11. 養樂多成份，取自 113. 4. 1 取自養樂多公司 <https://newyakult.yakult.com.tw/>
12. 顏色差異比較計算方式～歐氏距離 113. 4. 1 取自 <https://reurl.cc/WxVldy>

【評語】 080201

由食農教育啟發科學性探究醃製酸菜，實驗設計頗為系統性包括不同濃度、各種類的鹽、及不同光照環境下進行比較。過程中的酸鹼度及亞硝酸鹽含量變化，並使用 ColorMeter 應用程序進行顏色測定。數據分析調理分明。各種圖表和圖片的使用，使實驗結果更加直觀易懂。

以下是一些建議：

- (1) 歷屆已有醃製酸菜的相關研究，如能再加強題目的創新性，成果將更具吸引力。
- (2) 文獻引用可以更全面，可以增加更多的文獻引用，特別是對亞硝酸鹽生成機制的詳細描述，以支持研究結果。討論部分可以進一步探討發酵過程中不同鹽分成分對微生物活性的影響以及這些成分如何影響亞硝酸鹽的產生。未來的研究可以擴展到包括更多類型的鹽和添加劑，並考慮不同溫度對發酵過程的影響，以獲得更全面的結論。
- (3) 實驗數據需要多次測量才能獲得誤差值，提高採樣頻率如 2 天、4 天、6 天能改為 2、3、4、5、6 天各採樣一次，更能看出實驗

數據的時序變化，這樣可以更準確地反映實驗結果的穩定性和可靠性，增強數據的說服力。

(4) 研究中，處理多項變因的研究不容易進行，因此。建議在撰寫成果中，可以強化研究目標〔減少亞硝酸鹽的產生〕以達成有力的研究結論。

(5) 在結果與討論中，可能需要更加強調本研究與其他研究的差異性比較。

(6) 成果報告中有很多觀察結果，但對現象成因的討論較為缺乏：

研究 1-1：不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

似乎擺放的天數對於酸鹼度影響較大，可能需要進一步討論成因。

研究 1-2：不同種類鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

目前有看到研究數據的呈現，建議提供成因的討論。

研究 1-3：不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響？

取樣位置是否影響數據？

研究 2-1：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸鹼度的影響？

精鹽含有較高濃度的氯化鈉，滲透壓較高=>可以進一步

比較其它鹽類的離子含量

研究 2-2：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜顏色的影響？

取樣位置是否影響數據？

研究 3-1：為何添加養樂多？在醃製條件下乳酸菌能生存嗎？

研究 3-2：添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

研究 3-2：添加養樂多，對酸菜顏色的影響？

研究 4-1：有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響？

研究 4-3：有光、無光環境，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

同樣建議討論光對於過程中那些參數造成影響。

研究 4-2：有光、無光環境，對酸菜顏色的影響？

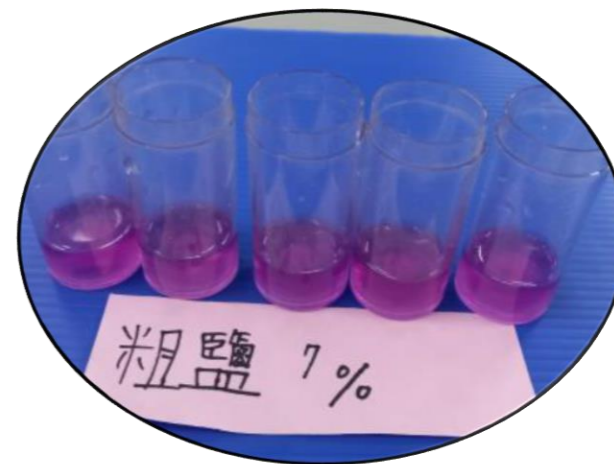
取樣位置是否影響數據？

(7) 亞硝酸鹽的實驗中，樣品的取用量及檢驗試劑的使用量是否固定。這會造成定量結果差異。

(8) 應說明醃製酸菜所採用的條件之理由，如鹽類濃度選取 5%~10%，其濃度設定理由？

作品簡報

吃出健康~



客家芥菜交交交大解碼

摘要

四年級時參加食農教育，於是展開了「芥菜探究之旅」。結果顯示：

- 一、不同濃度粗鹽對酸菜影響：粗鹽濃度越低，浸泡液酸性越強、酸菜顏色越偏黃、亞硝酸鹽越低。
- 二、不同種類鹽對酸菜影響：粗鹽、低鈉鹽濃度越低酸性較強；粗鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越高，而低鈉鹽、精鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越低。
- 三、不同方法對酸菜影響：傳統方法的酸鹼度，數天後變得較不酸。精鹽、粗鹽酸菜顏色偏黃色，低鈉鹽酸菜顏色偏暗綠。脫水率以精鹽最高，低鈉鹽脫水率最低。
- 四、添加養樂多對酸菜影響，醃製到10-12天時，亞硝酸鹽含量消失、酸菜偏黃。
- 五、有光的環境對酸菜影響，有光酸菜浸泡液越酸、顏色越黃、亞硝酸鹽越低。
- 六、粗鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽幾乎為0。

壹 前言

一、研究動機

學校四年級有參加食農教育，張先生教我們怎麼做客家福菜，他說：「要先將芥菜洗乾淨，把芥菜搓揉撒鹽，一直搓，搓好就把芥菜裝入罐子中，等芥菜發酵幾週，就變成福菜了！」我們聽了覺得很神奇，為什麼小小的芥菜可以有這麼多型態呢。不同濃度鹽水，對醃製酸菜酸鹼度有什麼影響？.....一連串問題在心中產生，於是展開了「芥菜探究之旅」。



二、研究目的及研究問題

目的一、不同種類、濃度的鹽，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

- 研究1-1：不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究1-2：不同種類鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究1-3：不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響？
- 研究1-4：不同種類鹽水，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

目的二、不同醃製方法，對酸菜酸鹼度、顏色的影響

- 研究2-1：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸鹼度的影響
- 研究2-2：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜酸顏色的影響

目的三、添加物對酸菜顏色、亞硝酸鹽的影響

- 研究3-1：添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響？
- 研究3-2：添加養樂多，對酸菜顏色的影響？

目的四、不同環境，對酸菜酸鹼度、顏色、亞硝酸鹽的影響

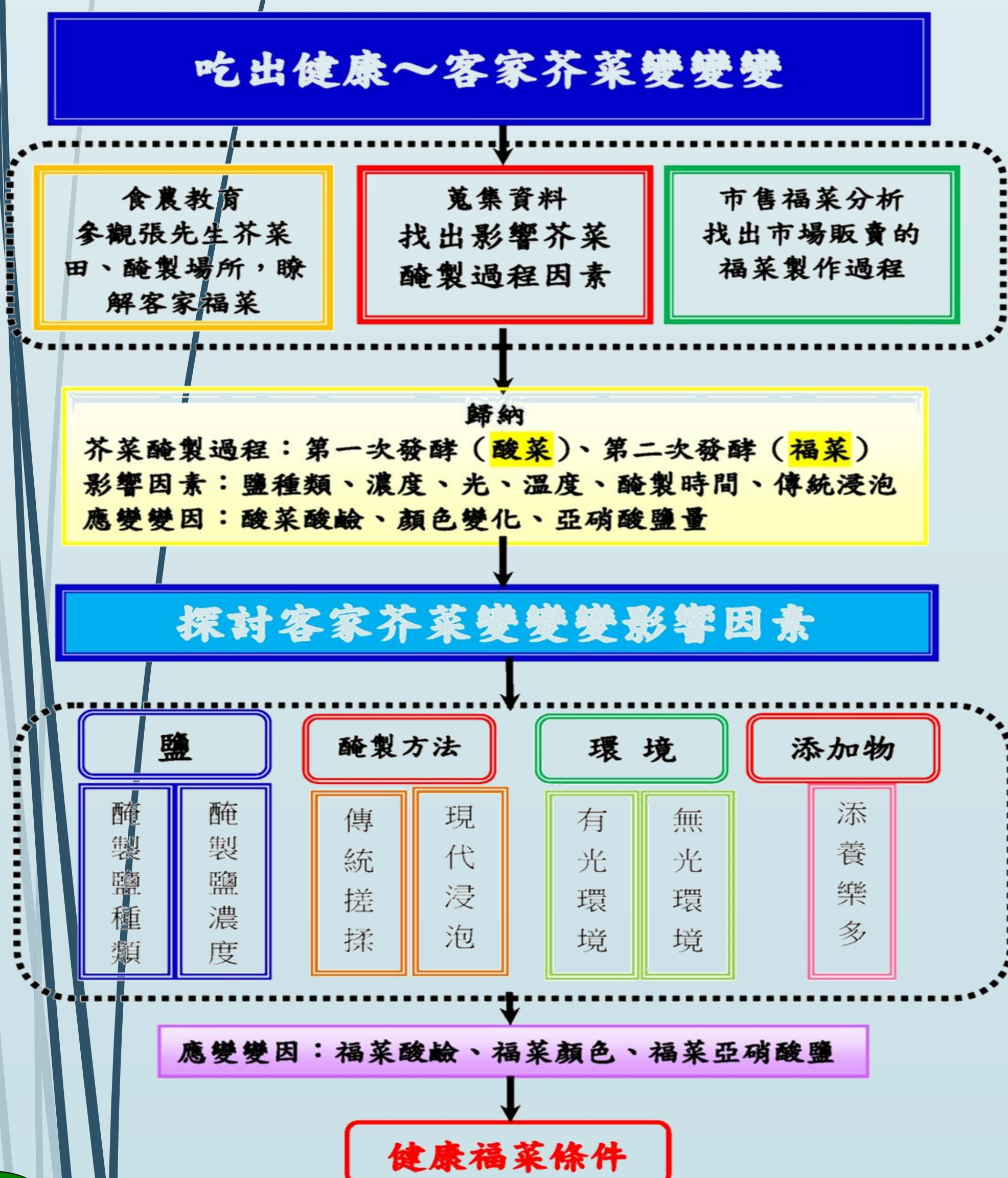
- 研究4-1：有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響？
- 研究4-2：有光、無光環境，對酸菜顏色的影響？
- 研究4-3：有光、無光環境，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

目的五、不同種類、濃度的鹽，對福菜酸鹼度、亞硝酸鹽的影響

- 研究5-1：不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度的影響？
- 研究5-2：不同種類濃度的鹽，對福菜亞硝酸鹽的影響？

三、文獻回顧(詳見說明書)

四、研究架構

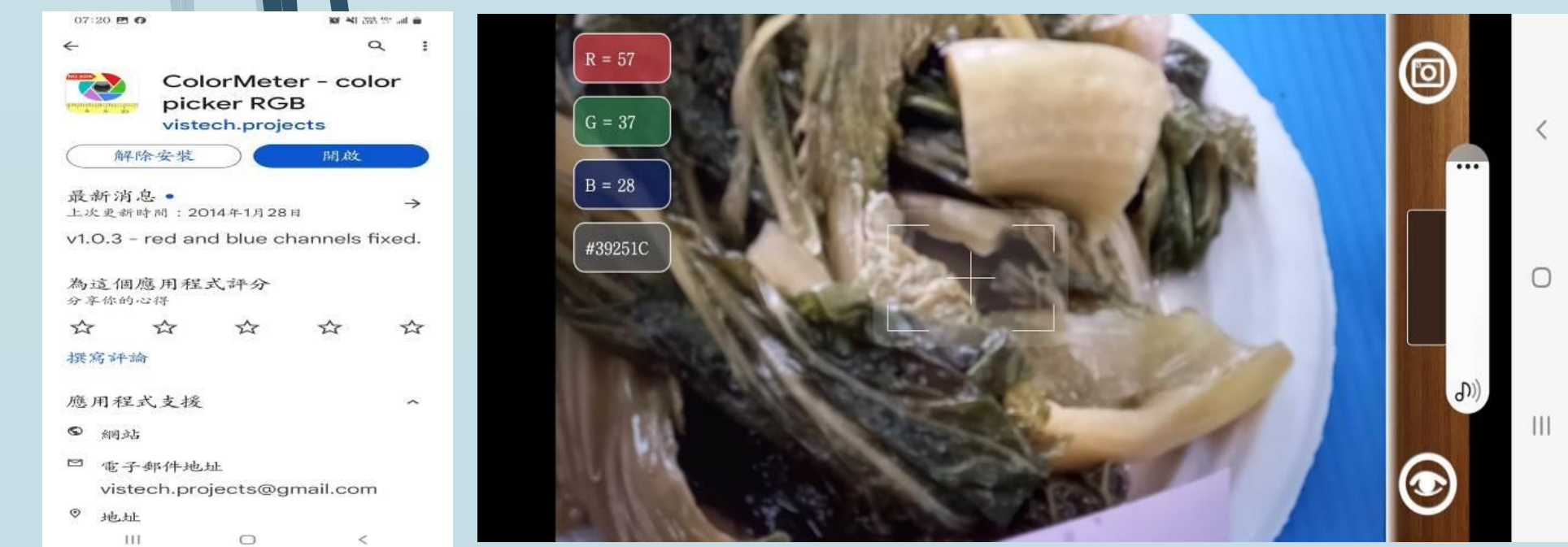


貳 研究設備及器材

一、實驗材料(詳見說明書)

二、顏色檢測軟體 (ColorMeter)

為了能檢測芥菜醃製時，顏色變化。我們利用ColorMeter app，做為研究時研究判斷方法。



三、亞硝酸鹽測試方法

- 1.請將量筒裝入5ml醃製水溶液。
- 2.亞硝酸鹽試劑一小匙並輕搖約1分鐘，使其完全溶解。
- 5.靜置約5分鐘，使硝酸鹽的顏色反應完全，觀察顏色與色標比對讀取數值。



四、顏色差異比較計算方式~歐氏距離 $\Delta_{RGB} = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}$

mg/L	R1	G2	B2
0	162	180	192
0.25	139	131	170
0.50	126	73	145
0.75	131	49	125
1.00	119	24	90
2.00	123	1	74
3.00	125	1	53
5.00	109	0	26
10.0	90	0	12
15.0	79	0	10

1. 1.在固定地點及光源下，利用ColorMeter測量出每種色標的R1G1B1值及測出實驗時亞硝酸鹽顏色R2G2B2值，計算(R2-R1)、(G2-G1)(B2-B1)，算出歐氏距離

2. 5%粗鹽浸泡芥菜後，顏色測得RGB為(78,4,83)這個RGB值與色標濃度的RGB值進行計算(R2-R1)、(G2-G1)(B2-B1)，再進行(R2-R1) 2、(G2-G1) 2、(B2-B1) 2，最後獲的歐氏距離。這個數值越大表示與色標濃度的顏色差異最大，因此，數值最小的才能代表該濃度值。

3. 5%粗鹽浸泡芥菜後，歐氏距離最小值為45，代表亞硝酸鹽濃度為2ppm

mg/L	R2-R1	G2-G1	B2-B1	R^A	G^A	B^A	SUM-RGB	歐氏距離
0	84	176	109	7,056	30,976	11,881	49,913	223
0.25	61	127	87	3,721	16,129	7,569	27,419	166
0.50	48	69	62	2,304	4,761	3,844	10,909	104
0.75	53	45	42	2,809	2,025	1,764	6,598	81
1.00	41	20	7	1,681	400	49	2,130	46
2.00	45	-3	-9	2,025	9	81	2,115	45
3.00	47	-3	-30	2,209	9	900	3,118	56
5.00	31	-4	-57	961	16	3,249	4,226	65
10.00	12	-4	-71	144	16	5,041	5,201	72
15.00	1	-4	-73	1	16	5,329	5,346	73

R2G2B2為(78,4,83)



參 研究過程與研究結果

目的一、不同種類、濃度的鹽，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

研究1-1：不同濃度鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】

許多人印象中的客家福菜都很酸、很鹹，所以我們想知道不同濃度的鹽水，是否能改變酸菜的酸鹼度，於是進行了以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.配置不同濃度水溶液：取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
- 2.取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 3.把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用酸鹼檢測計測量浸泡液酸鹼。
- 4.重複實驗5次。
- 5.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

- 1.浸泡2天、4天、6天的芥菜，以5%、6%粗鹽浸泡液酸性最強。
- 2.鹽的濃度越低，浸泡芥菜後，浸泡液酸性最強；鹽的濃度越高，浸泡芥菜後，浸泡液酸性較弱。

表 1：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度的影響

濃度(%)	日數	酸鹼(pH)		
		2天	4天	6天
5%		4.58	1.70	4.72
6%		5.40	2.00	4.48
7%		5.70	2.00	4.72
8%		5.62	2.00	5.10
9%		6.12	2.00	5.64
10%		5.44	2.00	5.22

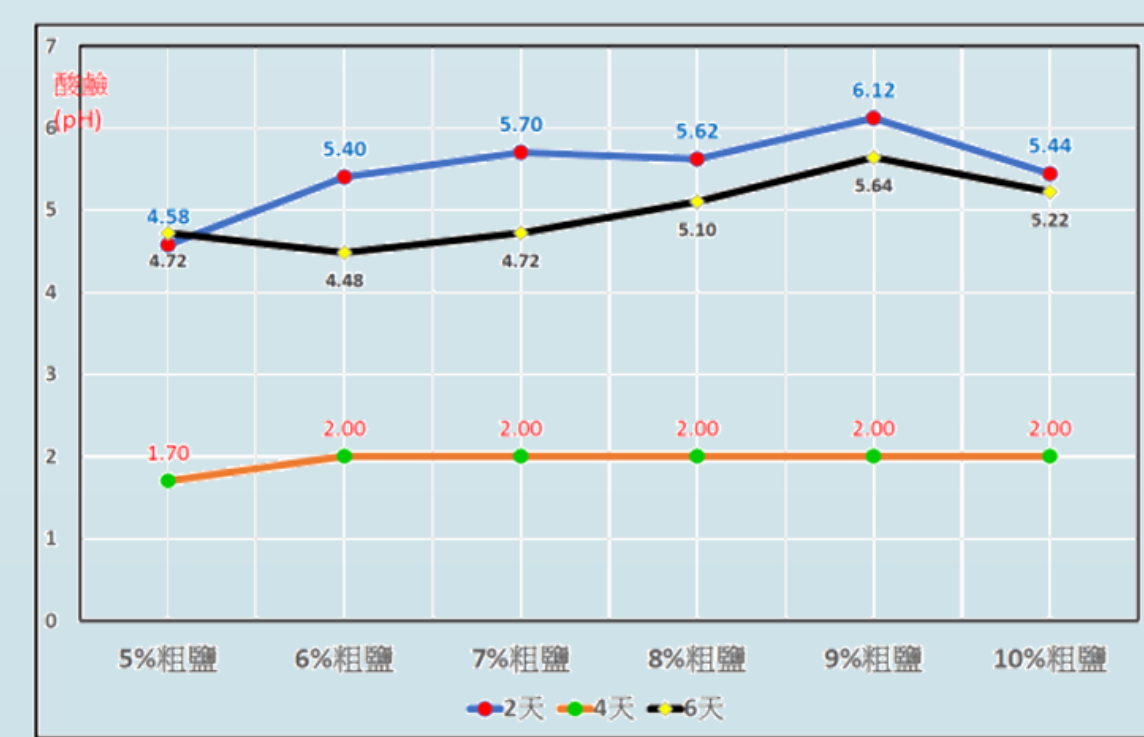


圖 3：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度影響

表 2：不同濃度粗鹽對酸菜酸鹼度實驗圖



(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

【研究發現與討論】

浸泡不同濃度粗鹽的芥菜，鹽的濃度越低，浸泡液酸性越強。因此，若希望酸菜吃起來較酸，可以在浸泡時，鹽的濃度低一些。

研究1-2：不同種類鹽水，對酸菜酸鹼度的影響？

【研究構想】

醃製酸菜時，除了用粗鹽以外，還可以用其他種類的鹽。我們想知道不同種類的鹽水對醃製酸菜的酸鹼度是否不同，於是展開了以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.配置不同種類鹽的水溶液：
 - ①取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液。放置塑膠盒。
 - ②改用低鈉鹽、精鹽，方法與①相同。
- 2.取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 3.把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用酸鹼檢測計測量浸泡液酸鹼。
- 4.重複實驗5次。
- 5.改將芥菜放在不同濃度的低鈉鹽、精鹽水溶液中，其餘與步驟3、4相同。
- 6.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

- 1.粗鹽：鹽的濃度低，酸性較強。
- 2.低鈉鹽：鹽的濃度低，酸性較強。
- 3.精鹽：不同濃度鹽，酸鹼接近。
- 4.粗鹽浸泡4天時較酸；低鈉鹽，前6天較不酸，8天時較酸；精鹽，浸泡4天時較不酸。

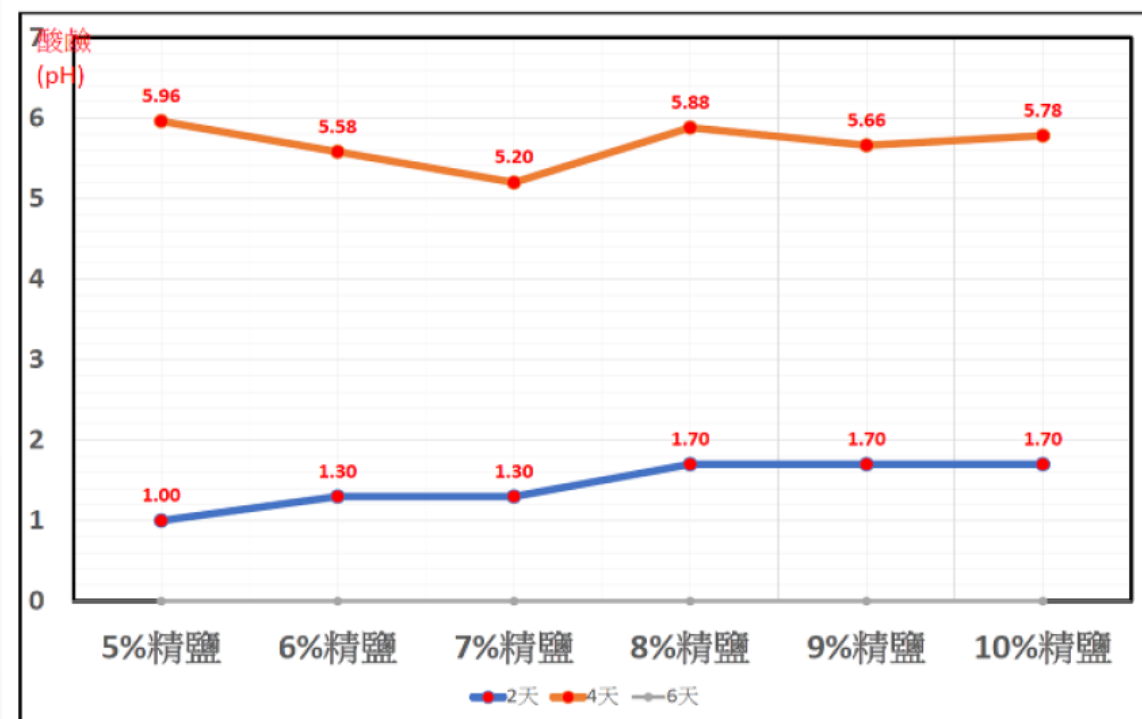
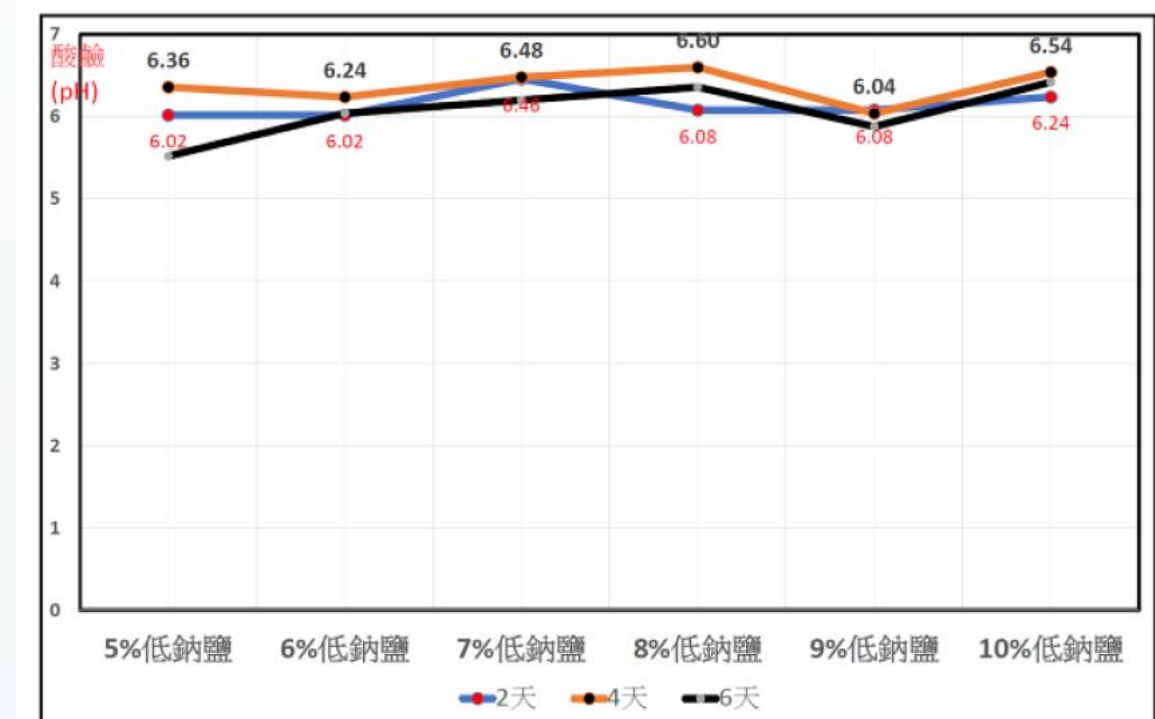


圖 4：不同濃度低鈉鹽對酸菜酸鹼度影響

圖 5：不同濃度精鹽對酸菜酸鹼度影響

研究結果與討論

不同種類鹽，對酸菜酸鹼度的變化不同。粗鹽的濃度低，酸性較強；低鈉鹽的濃度低，酸性較強；而精鹽浸泡液，對酸菜酸鹼度影響較小。不同種類鹽水溶液，浸泡天數，對酸鹼變化也不同。粗鹽浸泡4天時較酸；精鹽，浸泡4天時較不酸；低鈉鹽，前6天較不酸，8天時較酸。

研究1-3：不同濃度鹽水，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】

以不同濃度的鹽水，醃製芥菜後，我們想知道醃製對酸菜顏色是否有差異，於是進行了以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.取100g、120g、140g、160g、180g、200g的粗鹽，加水至2000g，完成5%、6%、7%、8%、9%、10%的粗鹽水溶液，放置塑膠盒。
- 2.取6份500g的芥菜，並洗乾淨、陰乾。
- 3.把芥菜在不同濃度的粗鹽水溶液中，套上保鮮膜，浸泡幾天後，利用Color Meter測量醃製的芥菜顏色變化。
- 4.進行RGB顏色數值大小判斷【顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷，詳見P6】
- 5.重複實驗5次。
- 6.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

- 1.鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。
- 2.以R、G、B三個數值數比較，在5%粗鹽的濃度時R的值較高，顏色較鮮豔的黃；相對的8%粗鹽顏色較綠。

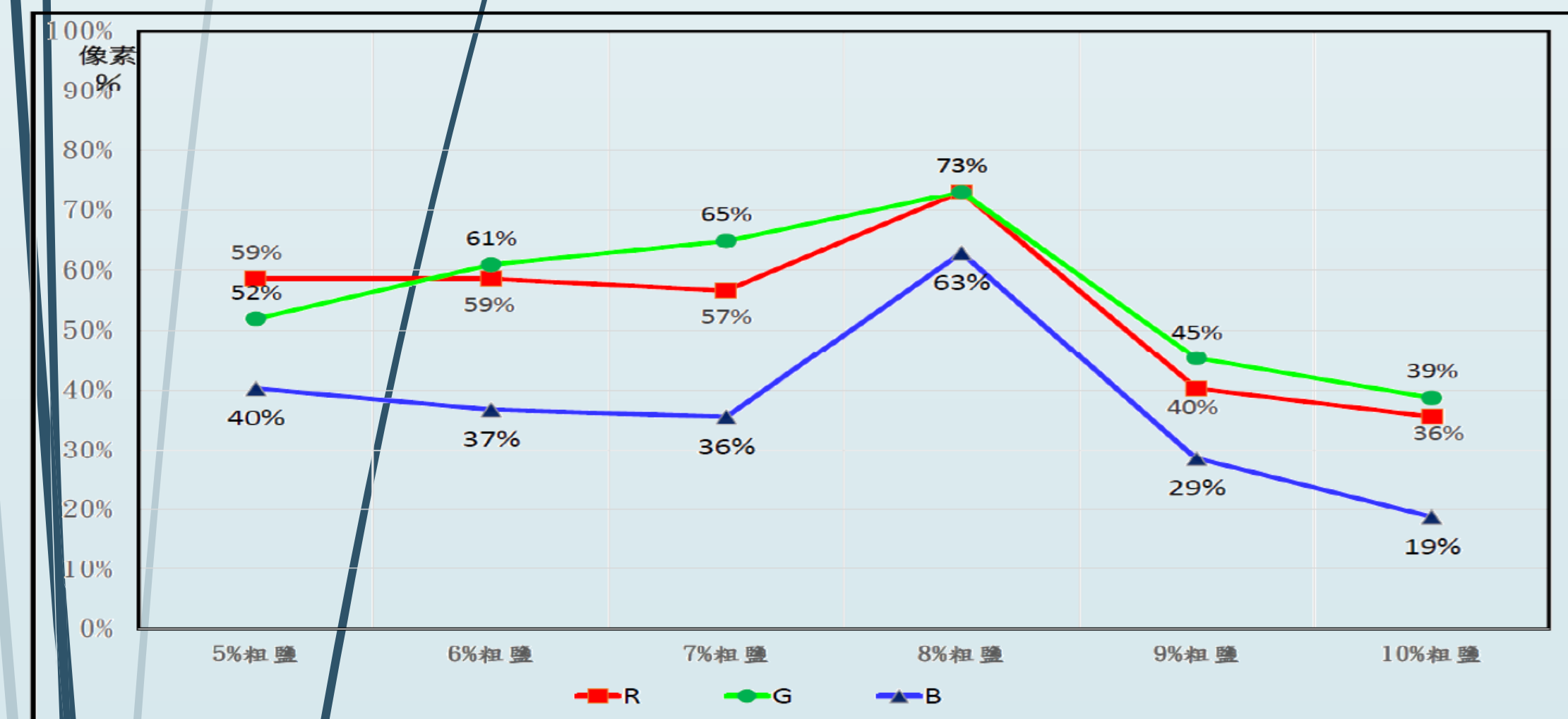


圖 6：粗鹽醃製後酸菜的顏色變化

表 5：不同濃度鹽水對酸菜顏色的影響圖



(本研究中的圖、照片，除有標註外，皆由作者親自製作，以下皆同)

研究結果與討論

不同濃度粗鹽，對酸菜顏色會產生影響。透過顏色檢測軟體（ColorMeter），讓我們較容易判斷顏色變化。鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。

研究1-4：不同種類鹽水，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】

新聞報導亞硝酸鹽對人體不好，而芥菜醃製過程會產生亞硝酸鹽。我們想知道醃製過程亞硝酸鹽含量的變化。何時最低？對健康較好。就進行以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.取浸泡5%、6%、7%、8%、9%、10%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各5mL倒入小塑膠試管。
- 2.重複步驟1.共5次，完成每個濃度5個塑膠試管酸菜水溶液。
- 3.將5個5%濃度粗鹽的酸菜水溶液，各加入1小平匙的亞硝酸鹽試劑，搖混均勻後觀察顏色變化，並比對顏色代表的亞硝酸鹽濃度，紀錄下來。【詳見亞硝酸鹽測試法P6】
- 4.改測試6%、7%、8%、9%、10%，重複實驗步驟3。
- 5.改用精鹽、低鈉鹽，重複步驟1.~4.
- 6.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】

- 1.粗鹽浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越高。
- 2.低鈉鹽、精鹽，浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越低。

表 6：不同種類鹽對酸菜亞硝酸鹽含量變化影響

鹽種類 \ 鹽濃度 (%)	粗鹽	精鹽	低鈉鹽
5%	0.84	3.00	2.60
6%	0.00	1.40	1.00
7%	0.50	1.00	1.00
8%	0.50	1.40	1.00
9%	0.50	1.80	1.00
10%	3.00	1.80	1.00

圖 7：不同種類鹽對酸菜亞硝酸鹽含量變化

研究結果與討論

從實驗發現粗鹽浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越高。而低鈉鹽、精鹽，浸泡液濃度越高，酸菜產生的亞硝酸鹽越低。顯示不同種類鹽，可能成分有些許差異，造成浸泡後，亞硝酸鹽濃度不同。

表 7：不同濃度粗鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

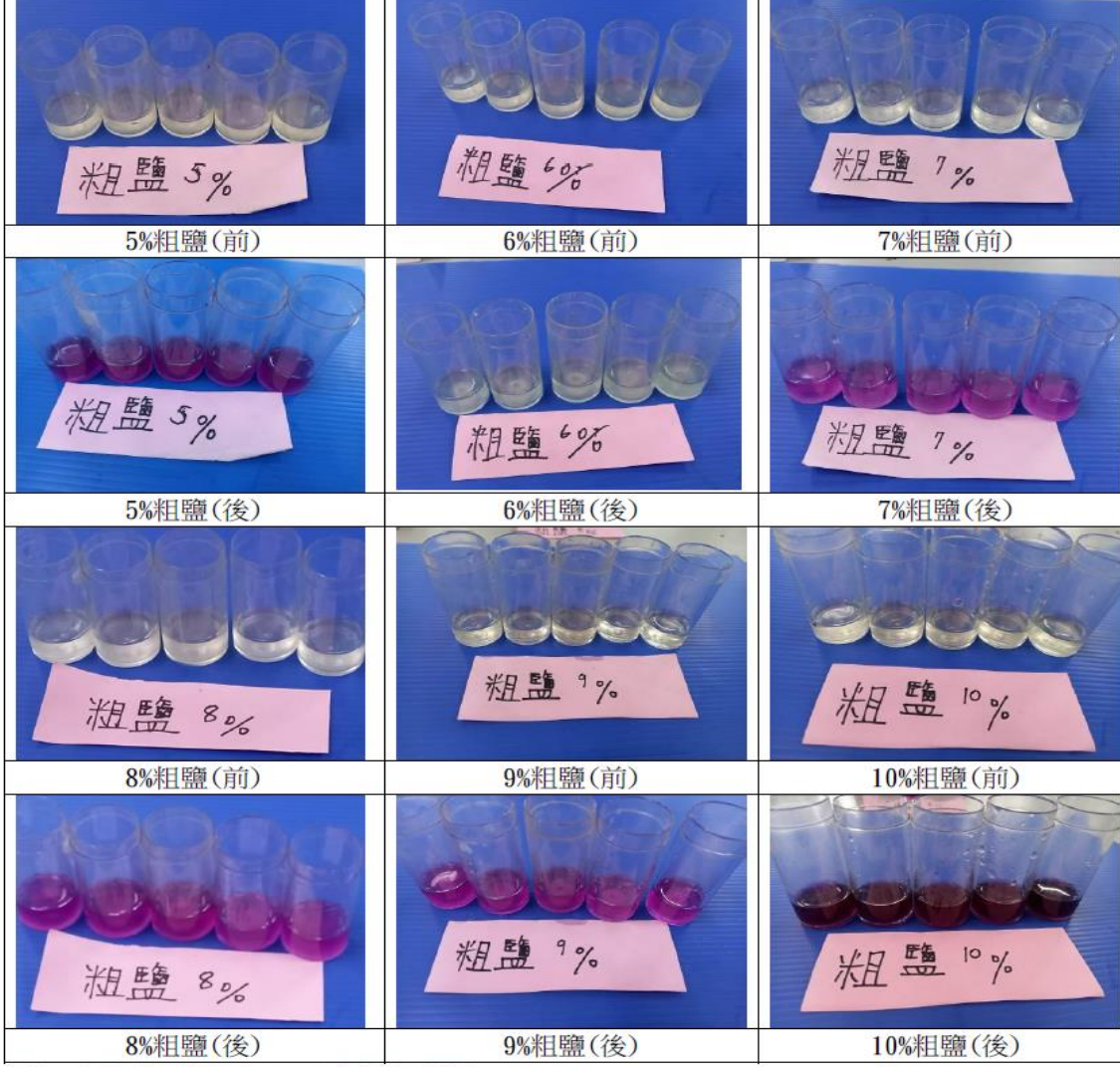


表 8：不同濃度低鈉鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

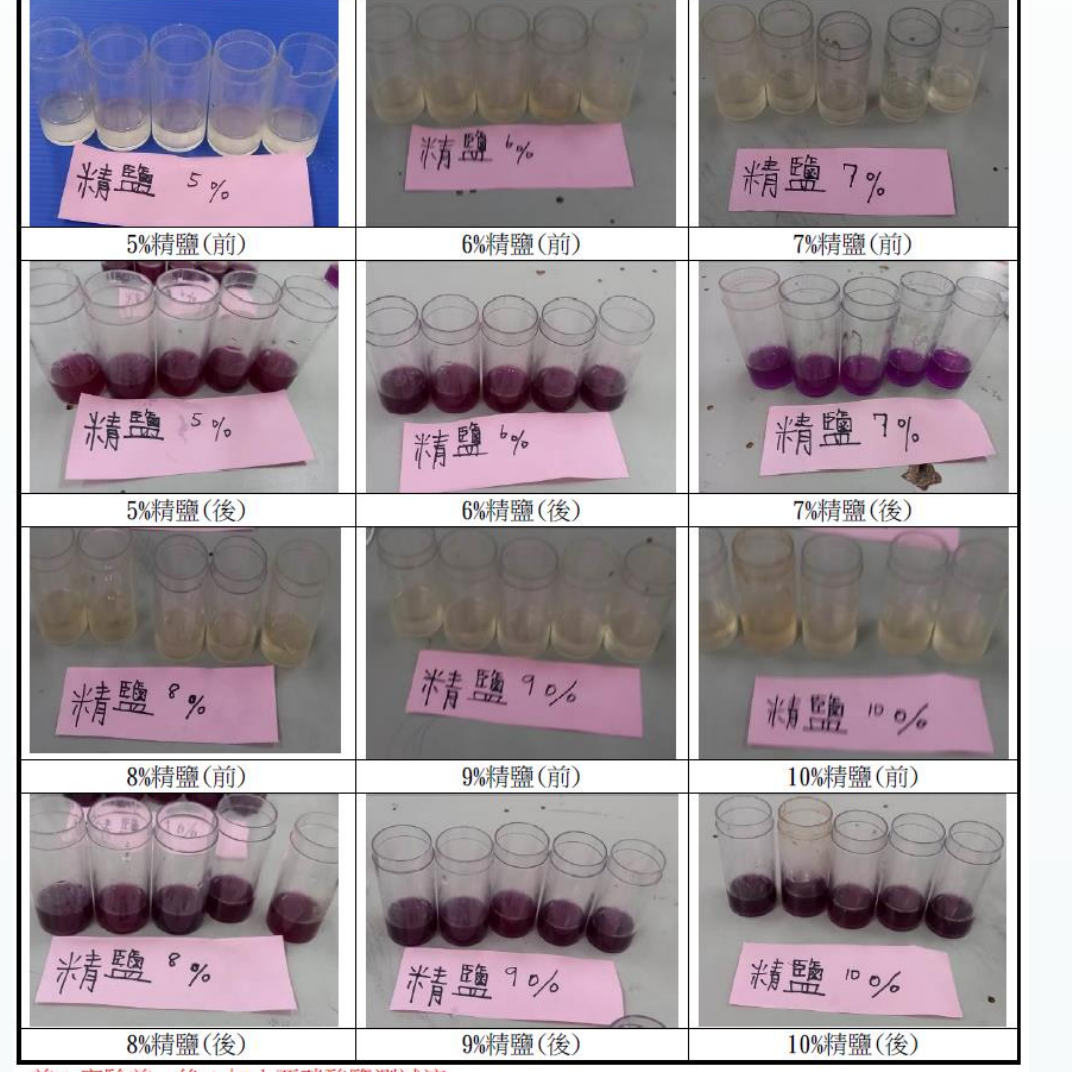


表 9：不同濃度低鈉鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響

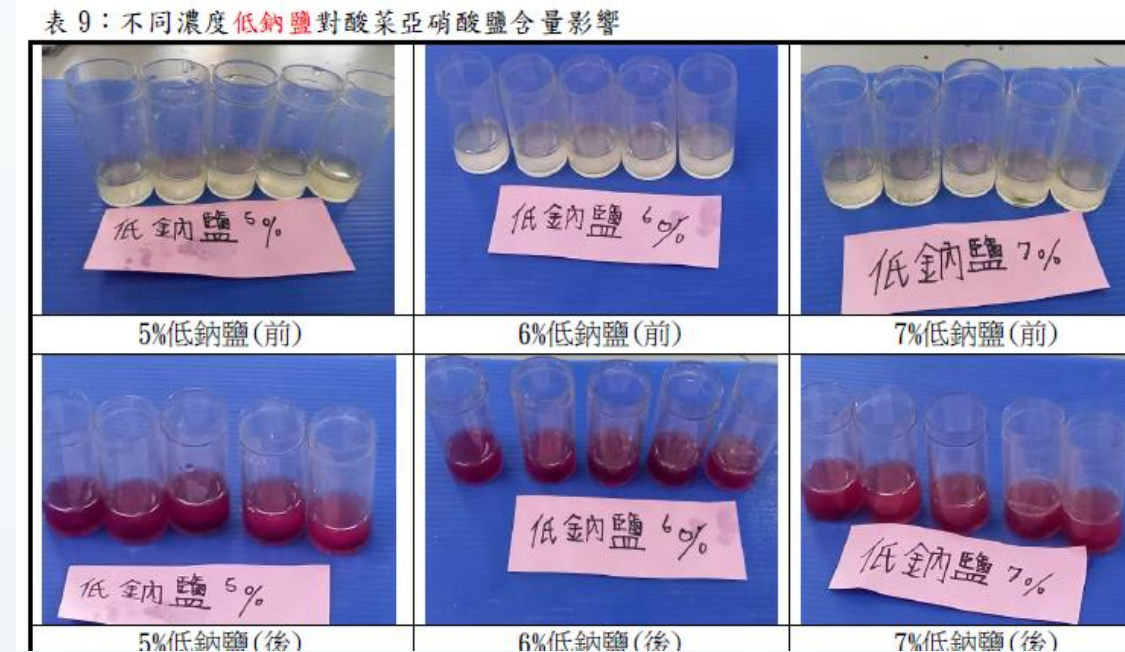
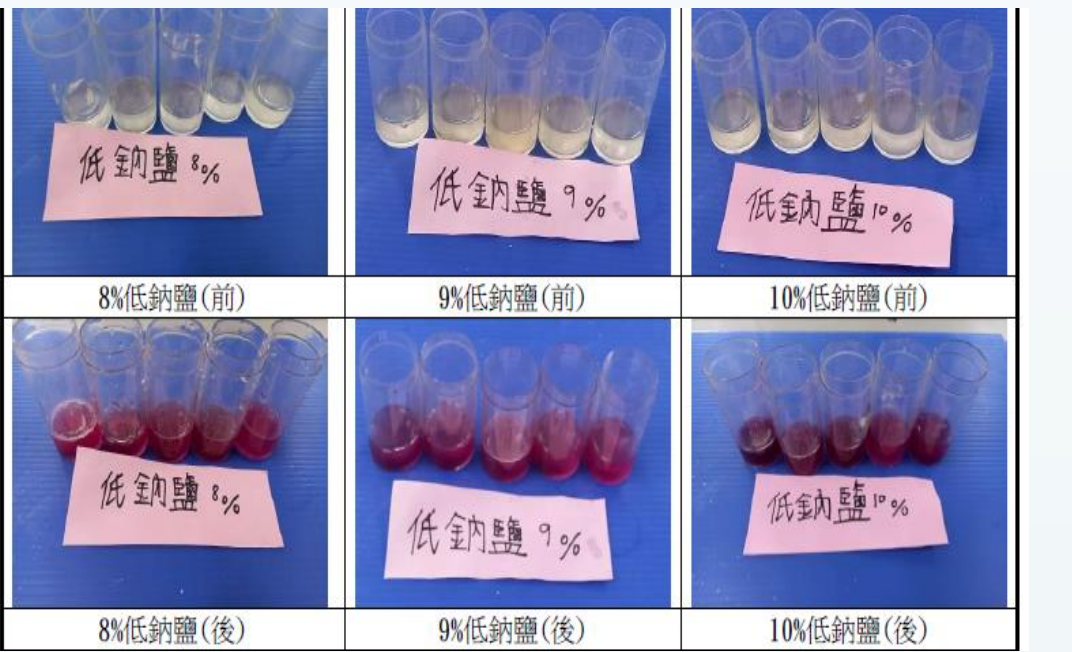


表 10：不同濃度精鹽對酸菜亞硝酸鹽含量影響



目的二、不同醃製方法，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響。

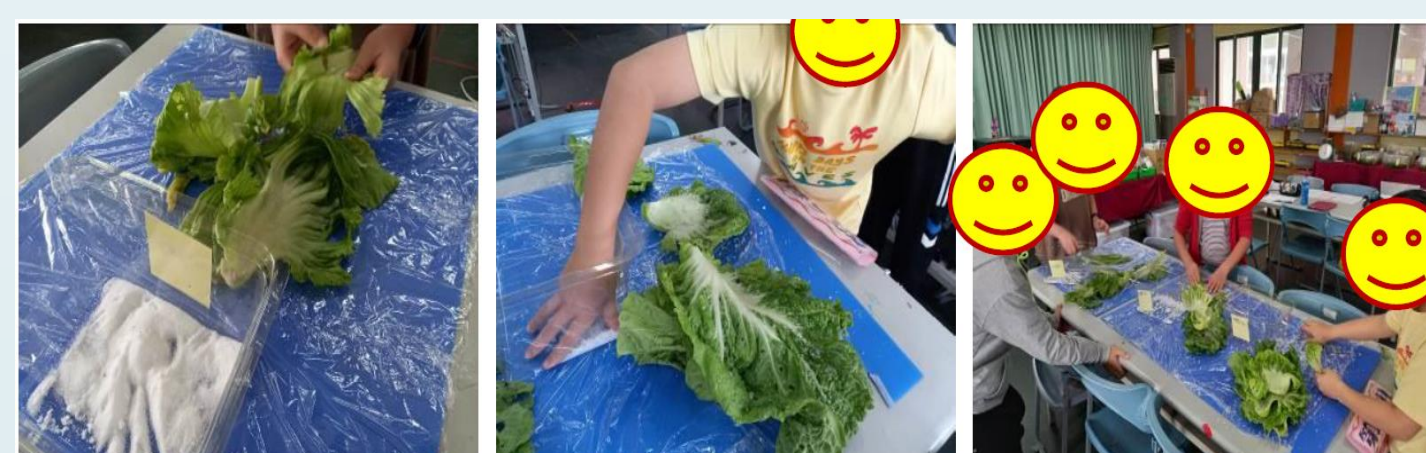
研究2-1：不同醃製方法（浸泡、手搓），對芥菜酸鹼度的影響？

【研究構想】

在研究1-1、1-2、1-3是以不同濃度鹽水醃製芥菜，而傳統客家芥菜製作方法，是將芥菜陰乾、加鹽再以手搓揉，放入甕中醃製。我們想知道傳統製作酸菜方法，對醃製芥菜酸鹼、脫水的變化，就進行以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.傳統製作福菜：取250g克粗鹽、精鹽、低鈉鹽，芥菜三份，每份500g。
- 2.將鹽灑在芥菜，戴手套搓柔至芥菜表面柔軟。
- 3.放入塑膠盒，套上保鮮膜。
- 4.每兩天利用酸鹼測量機測一次酸鹼、福菜重量的變化。
- 5.重複實驗5次。
- 6.將結果畫成表格、統計圖。



【研究發現】

- 1.酸鹼度變化：傳統方法（手搓）製作福菜，三種鹽的酸鹼度，都有下降趨勢（較不酸）
- 2.脫水率：以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。

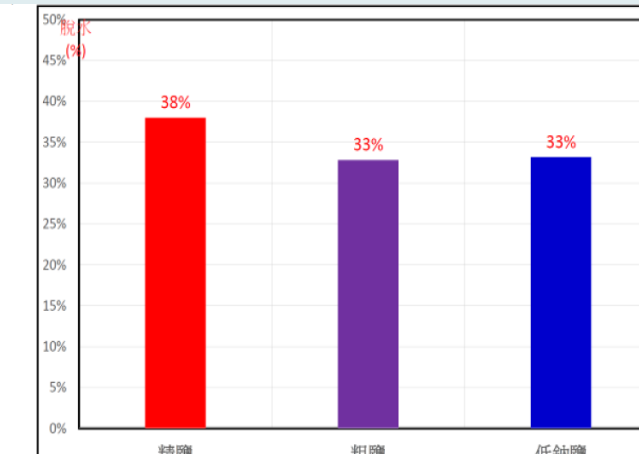
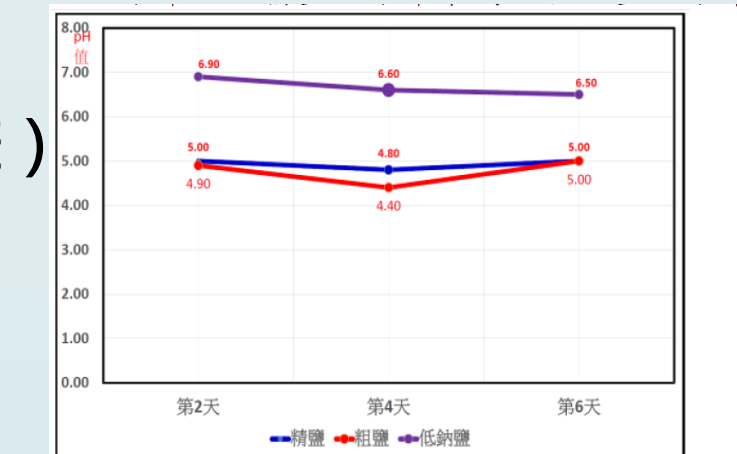


圖 8：傳統方法醃製芥菜酸鹼度變化

圖 9：傳統方法醃製芥菜脫水

研究結果與討論

傳統福菜製作，是以手工搓揉（腳踩），最後放置甕中發酵。實驗發現酸鹼度變化，傳統方法三種鹽的酸鹼度，隨著時間都有下降趨勢（較不酸）。在脫水率方面，以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。精鹽含有較高濃度的氯化鈉，滲透壓較高，因而水較易從芥菜中流出。建議如果要快速讓芥菜脫水，精鹽將是首選。本實驗傳統方法（手搓法）與研究1-1、1-2浸泡醃製芥菜（浸泡法）比較，發現5%-7%浸泡法比傳統手搓法酸鹼較酸，8%-10%浸泡法比傳統手搓法酸鹼較不酸。

研究2-2：不同醃製方法（浸泡、手搓），對酸菜顏色的影響？

【研究構想】

食農教育時參觀張先生家醃製的酸菜，發現有些顏色較綠，有些顏色較黃。我們想知道不同的醃漬方法，對醃製酸菜的顏色是否有影響，於是展開了以下實驗。

【實驗步驟】（詳見說明書）

【研究發現】

- 1.依照RGB顏色判斷，精鹽、粗鹽RG高於B顏色偏黃色，低鈉鹽RGB接近，顏色偏暗綠。
- 2.傳統製作方法，不同種類的鹽，醃製芥菜顏色不同。

研究結果與討論

依照RGB顏色判斷，精鹽、粗鹽RG高於B顏色偏黃色，低鈉鹽RGB接近，顏色偏暗綠。傳統製作方法，不同種類的鹽，醃製芥菜顏色不同。

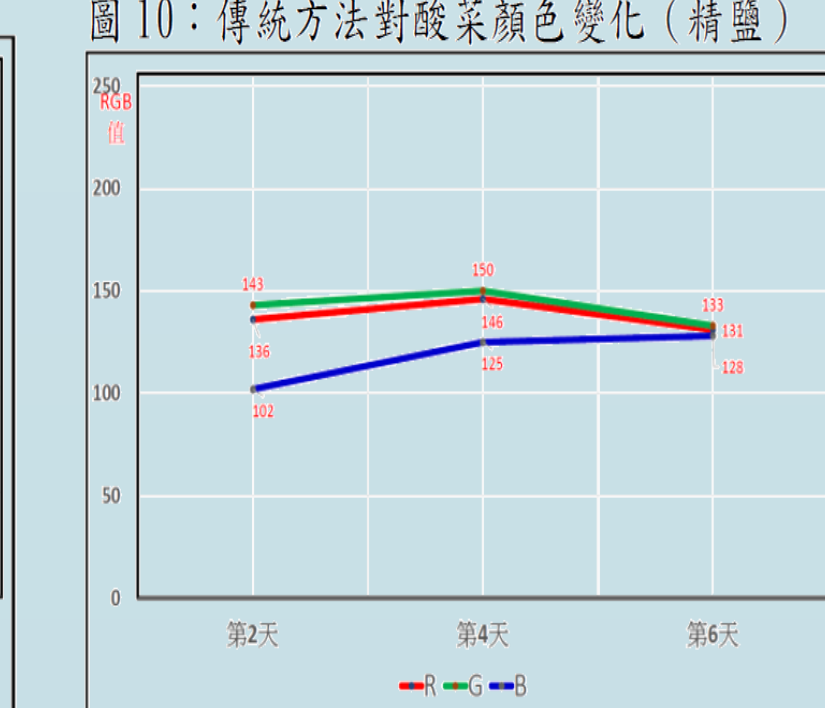
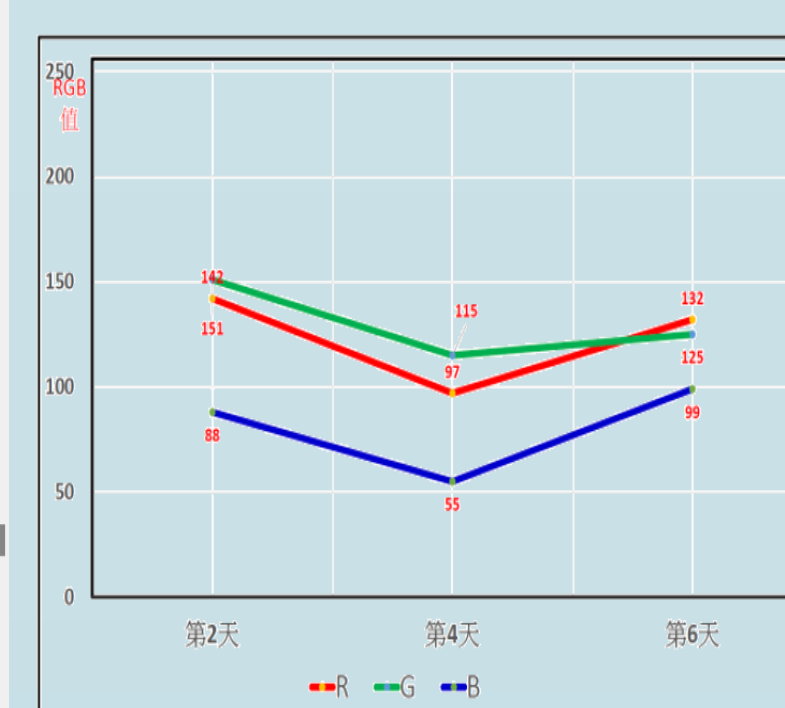
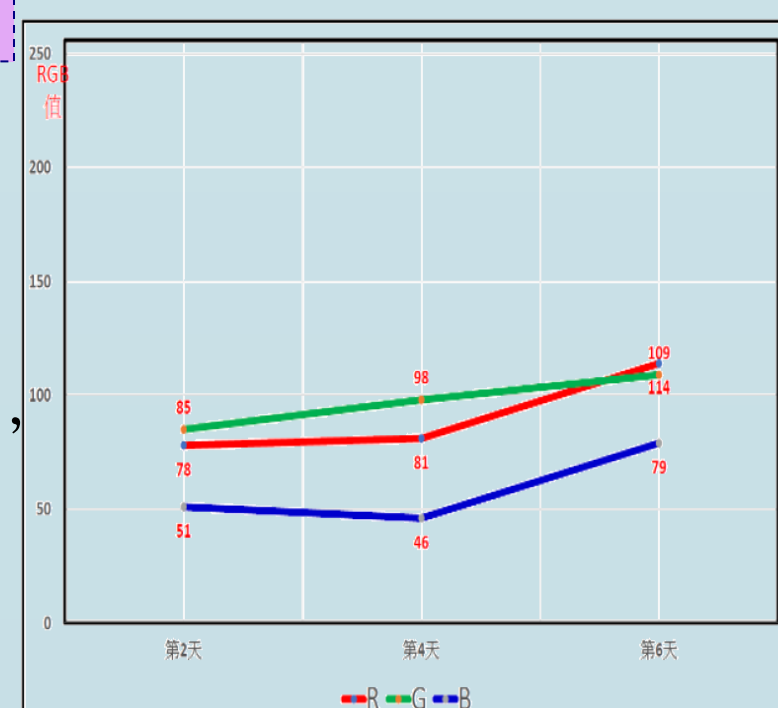


圖 10：傳統方法對酸菜顏色變化（精鹽）

圖 11：傳統方法對酸菜顏色變化（粗鹽）

圖 12：傳統方法對酸菜顏色變化（低鈉鹽）



目的三、添加物對酸菜顏色、亞硝酸鹽的影響

研究3-1：添加養樂多，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】

根據查到資料，為降低亞硝酸鹽含量，有用優格益生菌添加於福菜中。本研究想以生活中常見的養樂多試試看，是否能降低亞硝酸鹽含量？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】

- 5%粗鹽、6%粗鹽、7%粗鹽加養樂多，在醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量最少
- 2.8%粗鹽、9%粗鹽加養樂多，在醃製到第10天時，亞硝酸鹽含量消失。
- 3.10%粗鹽加養樂多，在醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量消失。

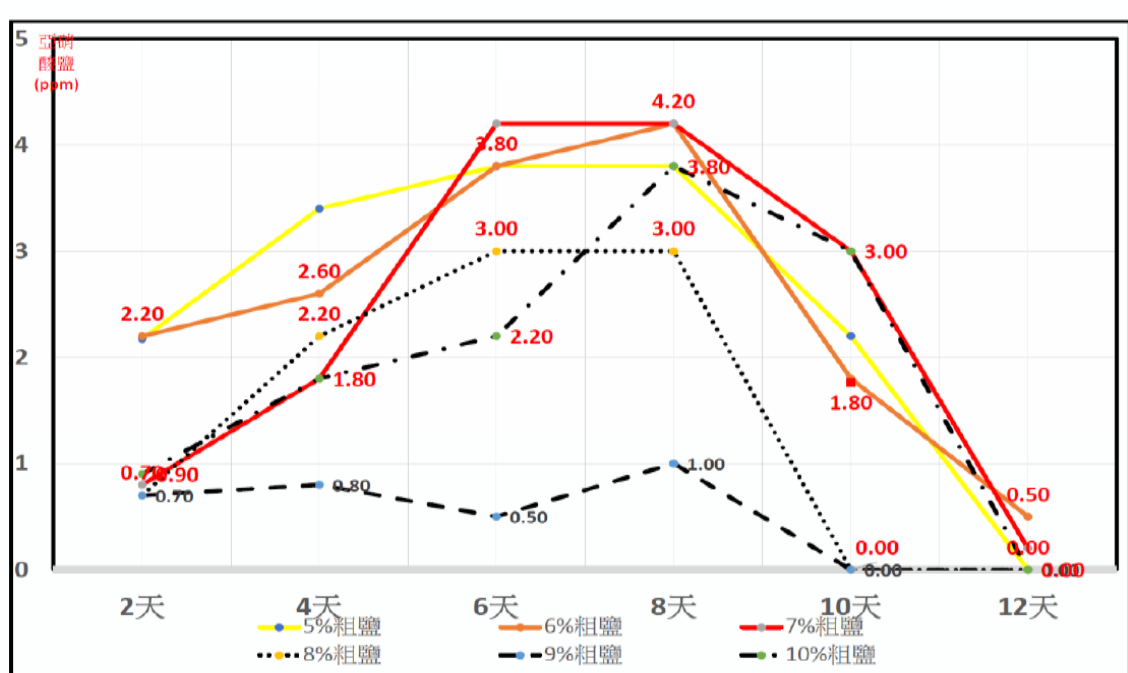


圖13：添加養樂多對福菜亞硝酸鹽的影響

研究結果與討論

根據實驗，5%、6%、7%粗鹽加養樂多，醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量最少。8%粗鹽、9%粗鹽加養樂多，在醃製到第10天時，亞硝酸鹽含量消失。10%粗鹽加養樂多，在醃製到第12天時，亞硝酸鹽含量消失。顯示，鹽濃度較高，亞硝酸鹽含量較早消失。

研究3-2：添加養樂多，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】

根據研究前一個實驗加養樂多可降低亞硝酸鹽含量。對於酸菜酸鹼度有何影響？就進行以下實驗。

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】

- 1.養樂多加粗鹽的RGB，大多以R值較大，顏色較偏黃色。
- 2.與未加養樂多相比，顏色比較黃。

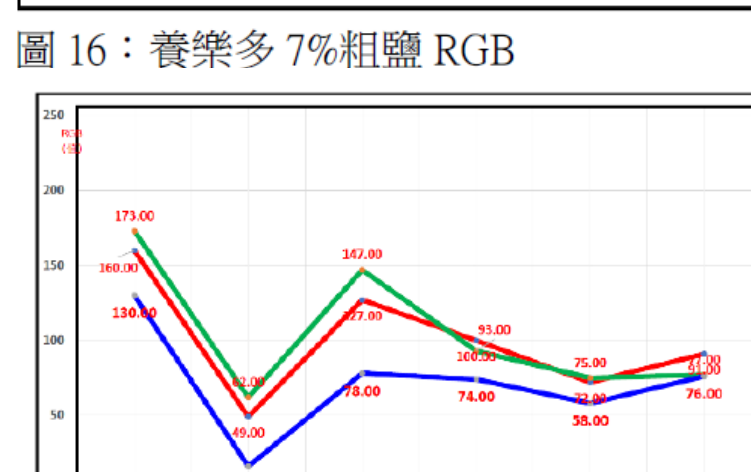
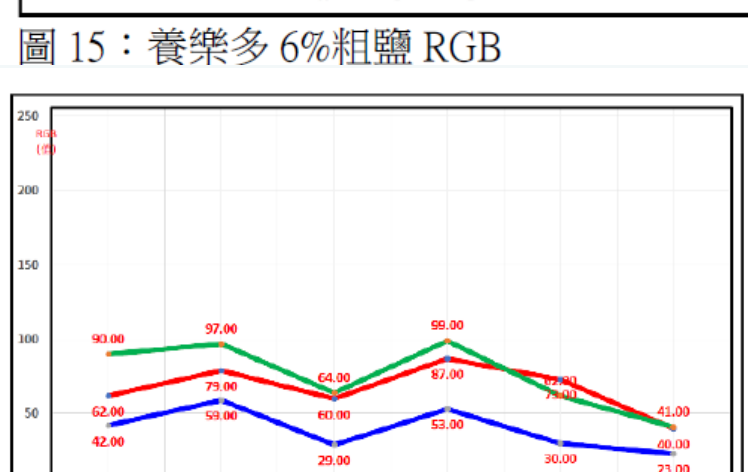
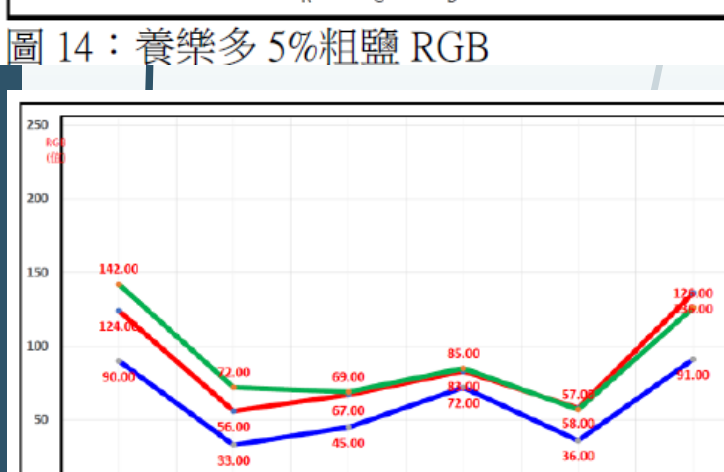
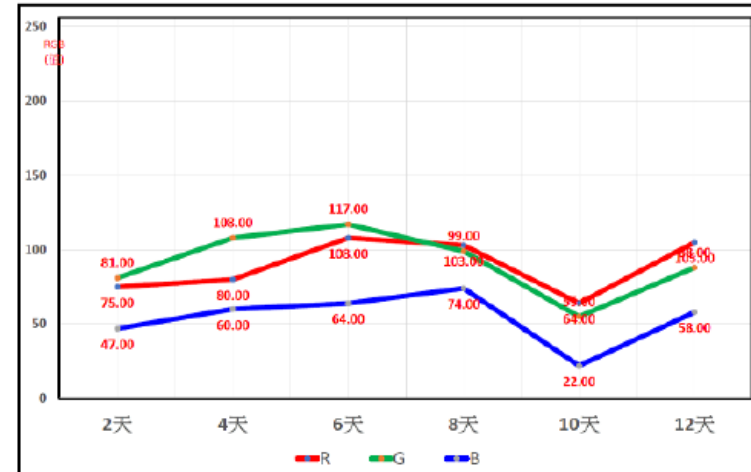
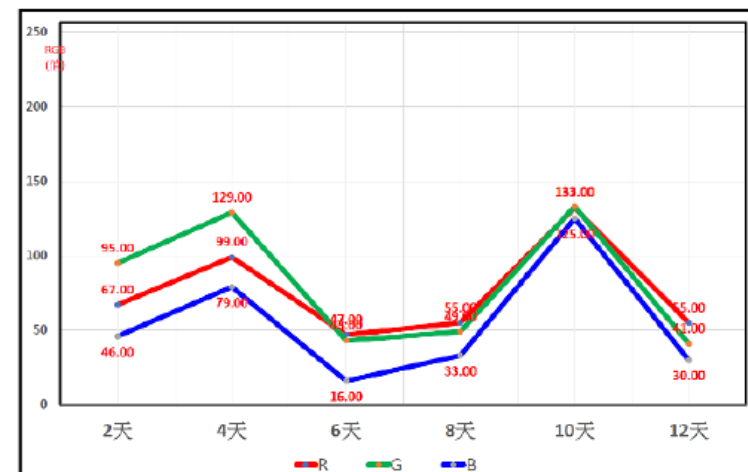
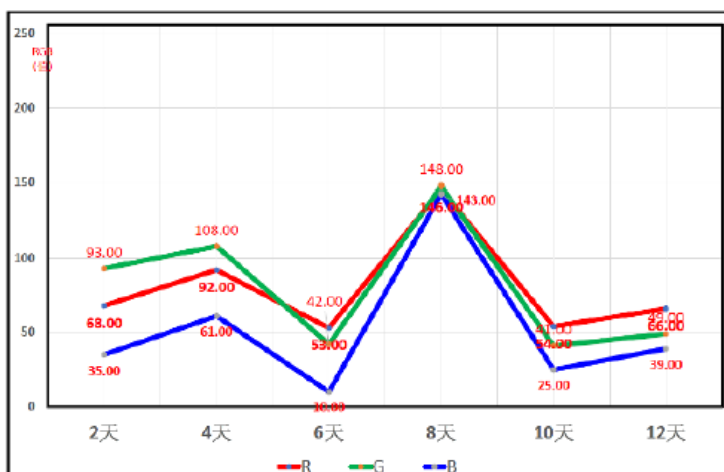


圖14：養樂多5%粗鹽 RGB

圖15：養樂多6%粗鹽 RGB

圖16：養樂多7%粗鹽 RGB

研究結果與討論

養樂多加粗鹽的RGB，大多以R值較大，顏色較偏黃色。與未加養樂多相比，顏色比較黃。顯示加養樂多可以提升發酵效果。

目的四、不同環境，對酸菜酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽的影響

研究4-1：有光、無光環境，對酸菜酸鹼度的影響。

【研究構想】

我們想知道有無光，對醃製酸菜，酸鹼的變化。因此進行以下實驗。

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】

- 1.有光的環境下，浸泡8%、10%粗鹽，越多天越酸。
- 2.無光的環境下，浸泡8%、10%粗鹽，越多天越酸。
- 3.有光的環境比無光環境，浸泡液較酸。

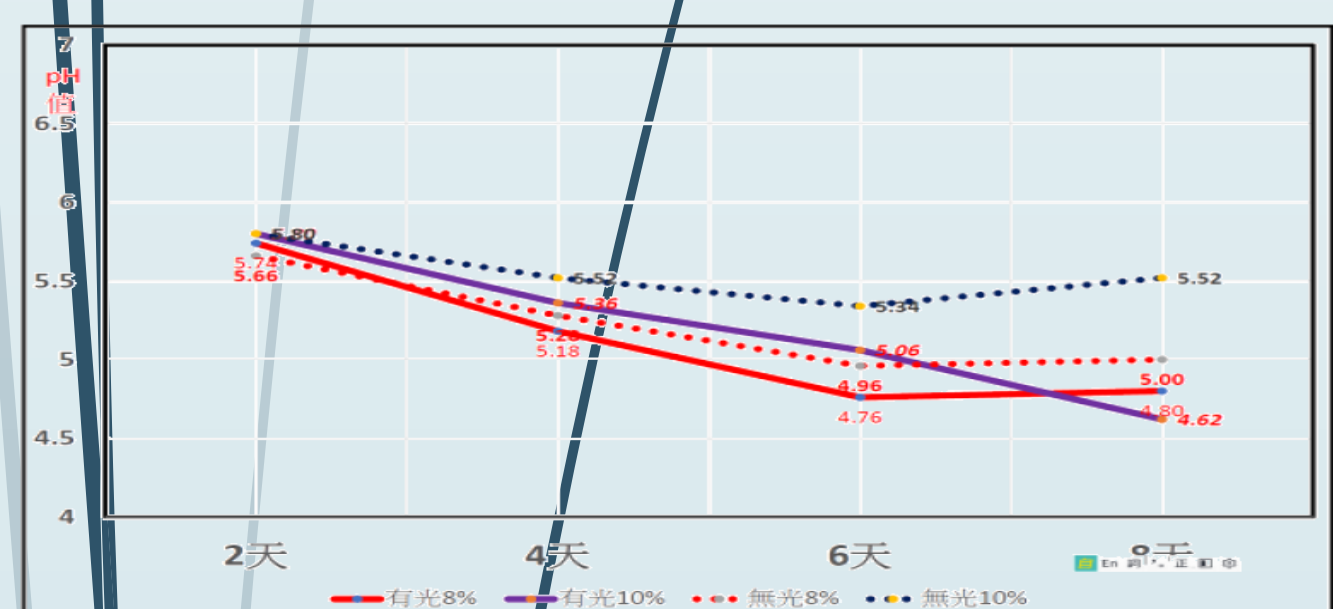


圖20：有無光對酸菜酸鹼的影響

研究結果與討論

由實驗發現，浸泡較多天酸菜浸泡液越酸；有光的環境，酸菜浸泡液越酸。顯示有光，有助於酸菜發酵，同樣，越多天越酸。

研究4-2：有光、無光環境，對酸菜顏色的影響？

【研究構想】

我們想知道有無光，對酸菜顏色的變化。因此進行以下實驗。

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】

- 1.以ColorMeter測得數值大小分析：浸泡10天有光無光都是RG數值較高，依照顏色檢測軟體（ColorMeter）判斷偏黃色。
- 2.以照片判斷有光、無光，都是浸泡10天，酸菜顏色較黃。

研究結果與討論

由實驗發現，有無光都是泡越久，顏色較偏黃色。以ColorMeter測得數值大小，也顯示RG數值較大，偏黃色。軟體測到數值與實際照片一致。

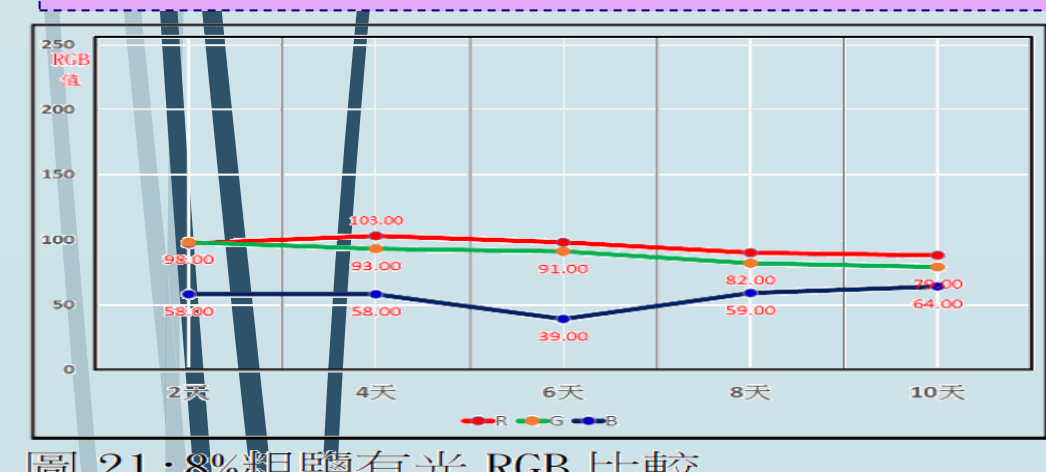


圖21：8%粗鹽有光 RGB 比較

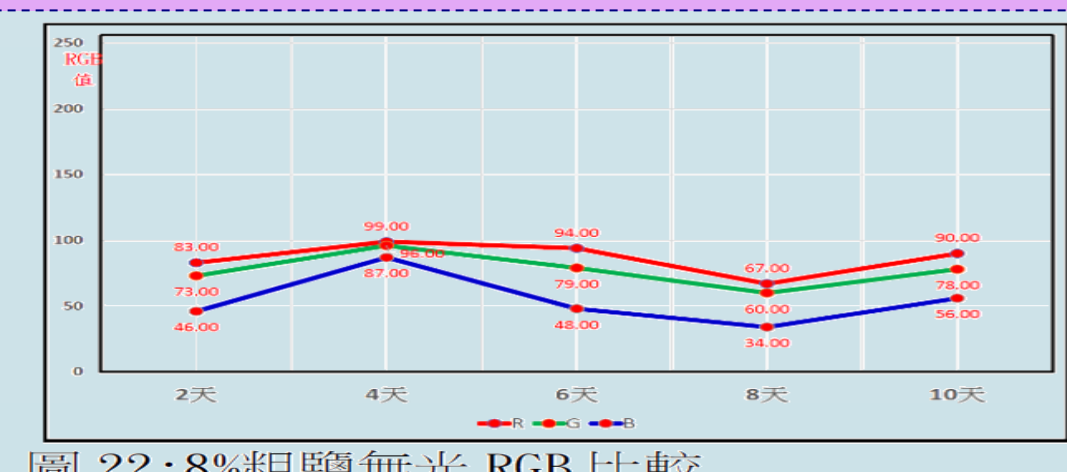


圖22：8%粗鹽無光 RGB 比較

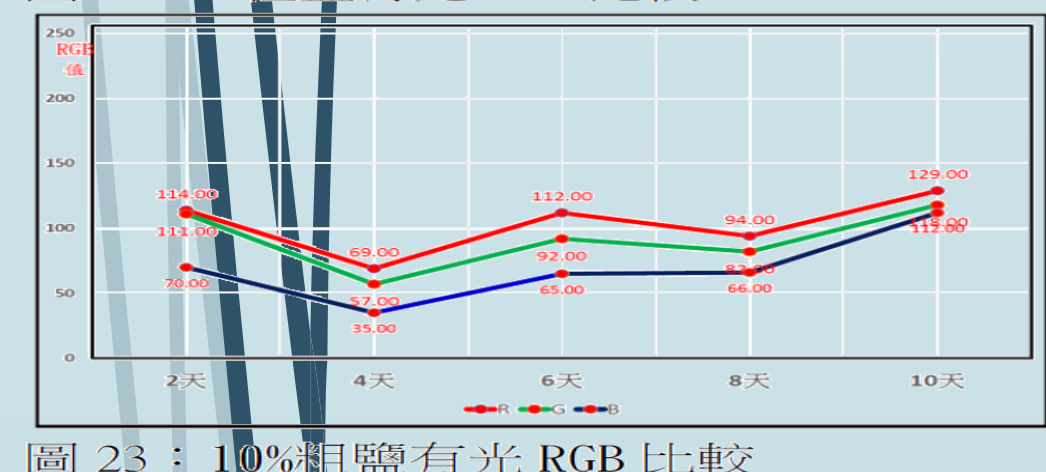


圖23：10%粗鹽有光 RGB 比較

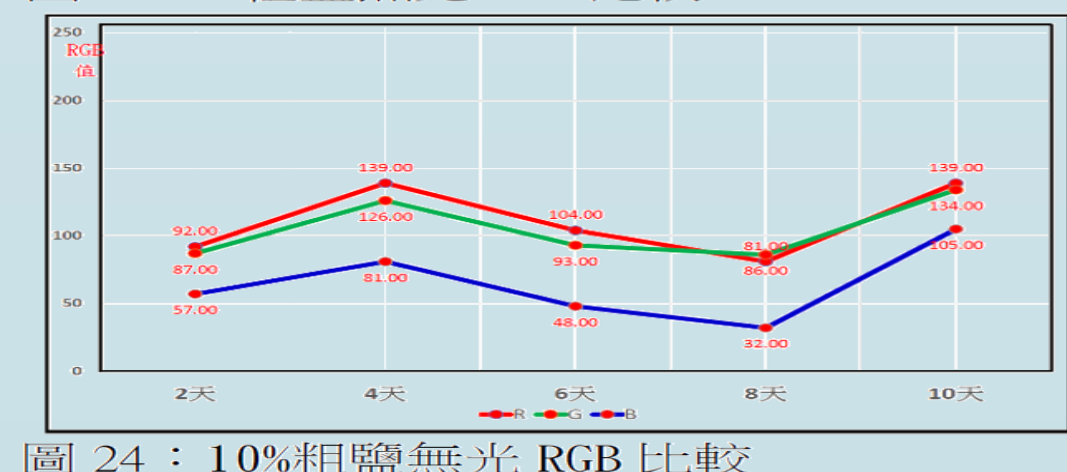


圖24：10%粗鹽無光 RGB 比較



研究4-3：有光、無光環境，對酸菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】我們想知道有無光，對酸菜亞硝酸鹽含量的影響。因此進行以下實驗

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】

- 1.無光8%粗鹽亞硝酸鹽含量>有光8%粗鹽亞硝酸鹽含量。
- 2.無光10%粗鹽亞硝酸鹽含量>有光10%粗鹽亞硝酸鹽含量。

表17：有無光對福菜亞硝酸鹽的影響

鹽濃度 (%)	2天		4天		6天		8天	
	有光	無光	有光	無光	有光	無光	有光	無光
8%	0.90	1.00	0.25	1.80				
10%	0.15	1.30	1.85	3.00				

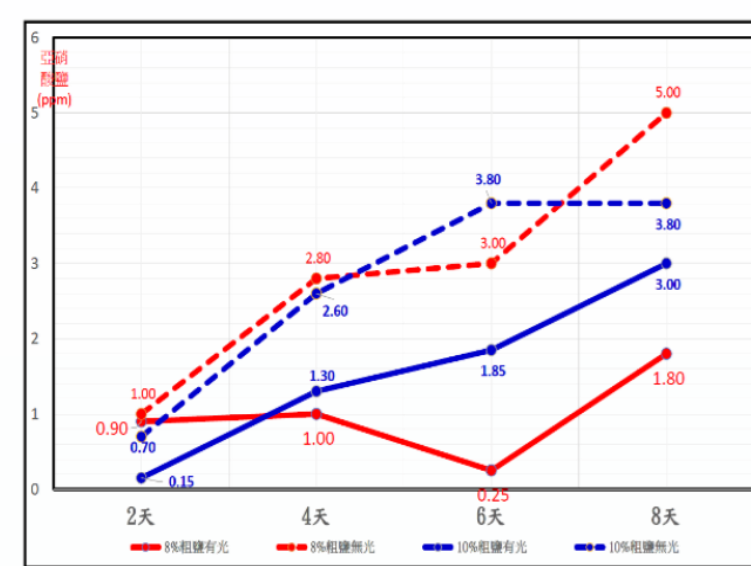


圖25：有無光對福菜亞硝酸鹽的影響

研究結果與討論

由實驗發現，無光環境使亞硝酸鹽含量較多，因此，醃製芥菜時，要降低亞硝酸鹽含量，在有光的環境較好。

目的五、不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度、亞硝酸鹽的影響？

研究5-1：不同種類濃度的鹽，對福菜酸鹼度的影響？

【研究構想】芥菜經過第一階段放入鹽水浸泡（第一次發酵），10天後取出、瀝乾，再將它放在瓶子塞緊，進行二次發酵。我們想知道，經過一個月後，瓶子中的福菜酸鹼性有何變化？就進行以下實驗。

【實驗步驟】

- 1.先將浸泡不同濃度粗鹽水的芥菜，取出、瀝乾，放在瓶子中塞緊。
- (1)取出福菜 (2)塞入瓶中~二次發酵
- 2.一個月後取出，加蒸餾水，再用酸鹼檢測儀測試酸鹼。
- 3.重複實驗5次。
- 4.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.不同濃度粗鹽醃製福菜，5%粗鹽醃製的福菜最酸。
- 2.不同濃度精鹽醃製福菜，5%精鹽醃製的福菜最酸。
- 3.不同濃度低鈉鹽醃製福菜，8%低鈉鹽醃製的福菜最酸。

表19：不同濃度鹽對福菜酸鹼度的影響

濃度 (%)	粗鹽		精鹽		低鈉鹽	
	粗鹽 (pH)	精鹽 (pH)	粗鹽 (pH)	精鹽 (pH)	粗鹽 (pH)	精鹽 (pH)
5%	5.14	6.96	8.24			
6%	7.68	7.94	8.30			
7%	8.10	8.38	8.40			
8%	8.54	7.54	7.54			
9%	8.30	7.54	9.48			
10%	7.32	7.70	8.80			

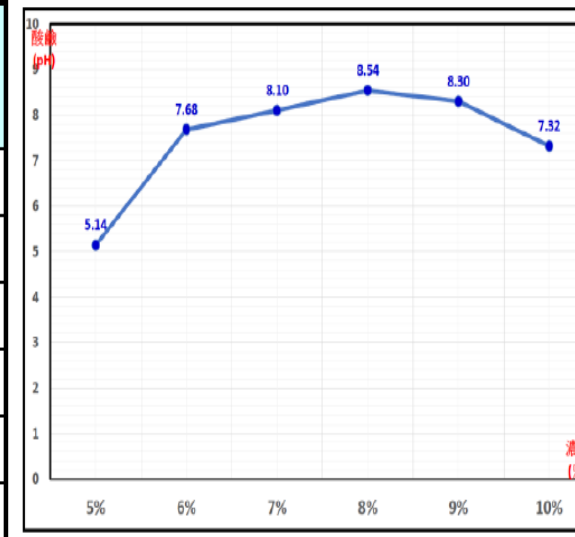


圖26：不同濃度粗鹽對福菜酸鹼度的影響

研究結果與討論

由實驗發現，5%粗鹽、5%精鹽的福菜最酸，而低鈉鹽以8%低濃度的福菜最酸。因此，普遍以較低濃度鹽，醃製的福菜最酸。與研究1-1結果相同，低濃度鹽酸菜較酸。

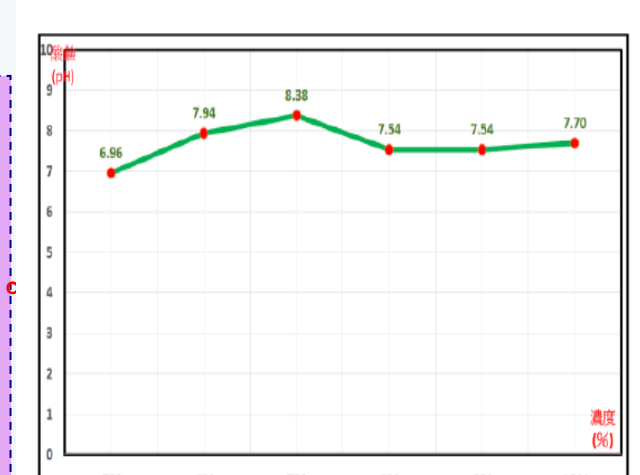


圖27：不同濃度精鹽對福菜酸鹼度的影響

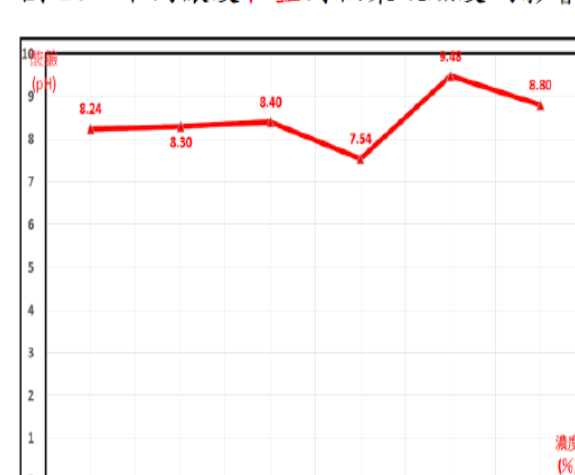


圖28：不同濃度低鈉鹽對福菜酸鹼度的影響

研究5-2：不同種類濃度的鹽，對福菜亞硝酸鹽的影響？

【研究構想】芥菜經過第一階段放入鹽水浸泡（第一次發酵），10天後取出、瀝乾，再將它放在瓶子塞緊，進行二次發酵。我們想知道，經過一個月後，瓶子中的福菜亞硝酸鹽有何變化？就進行以下實驗。

【實驗步驟】(詳見說明書)

【研究發現】：

- 1.粗鹽醃製的福菜：亞硝酸鹽幾乎為0 (ppm)。
- 2.精鹽醃製的福菜：僅5%、6%亞硝酸鹽幾乎為為1 (ppm)。
- 3.低鈉鹽醃製的福菜：最高約約2 (ppm)

研究結果與討論

發現粗鹽醃製的福菜其亞硝酸鹽幾乎為0 (ppm)，精鹽醃製的福菜，僅5%及6%濃度時亞硝酸鹽幾乎為為1 (ppm)。而低鈉鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽最高約2(ppm)顯示，低鈉鹽醃製之福菜，亞硝酸鹽較高。推測每種鹽成分不同，造成福菜中，菌產生亞硝酸鹽的含量不同。

表20：不同濃度鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

鹽濃度 (%)	粗鹽		精鹽		低鈉鹽	
	粗鹽 (ppm)	精鹽 (ppm)	粗鹽 (ppm)	精鹽 (ppm)	粗鹽 (ppm)	精鹽 (ppm)
5%	0.25	1.00	2.00			
6%	0.00	1.00	1.50			
7%	0.00	0.25	2.00			
8%	0.00	0.00	2.00			
9%	0.00	0.00	2.00			
10%	0.25	0.80	0.00			

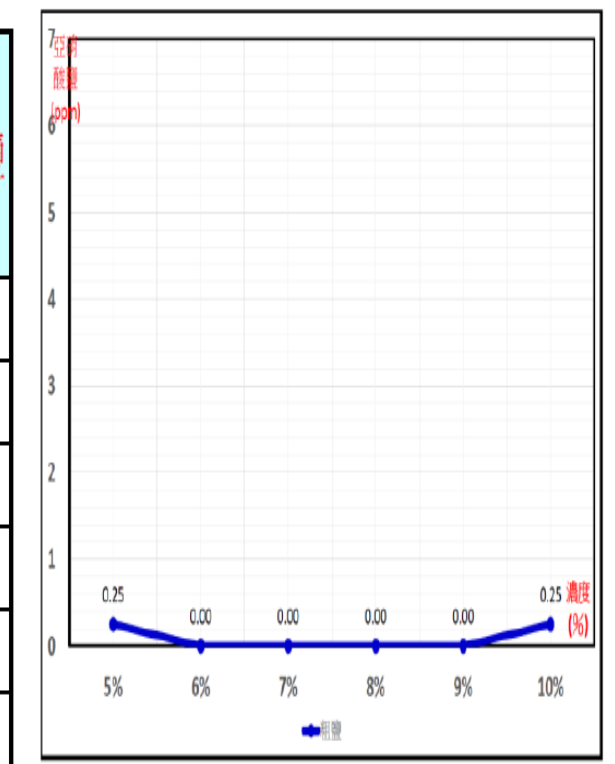


圖29：粗鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

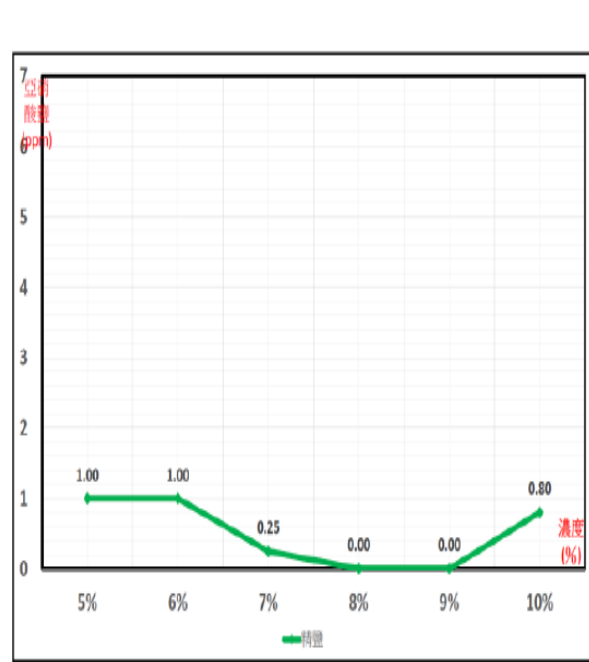


圖30：精鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

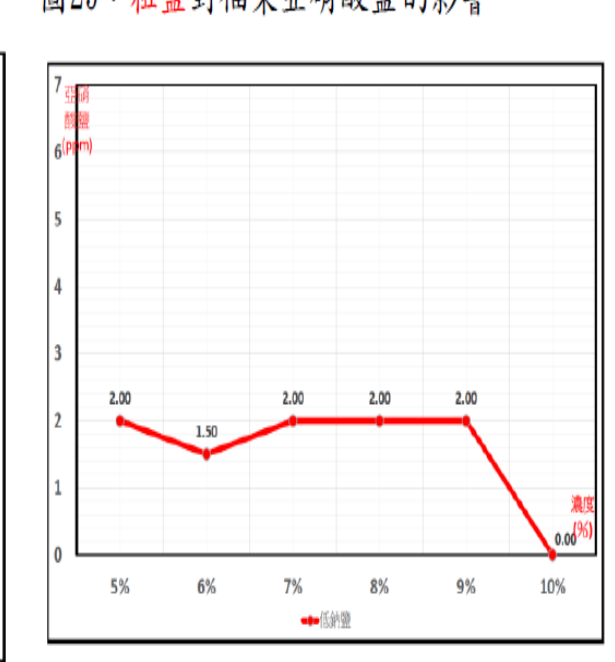


圖31：低鈉鹽對福菜亞硝酸鹽的影響

肆 討論(詳見說明書)

伍 結論

本研究針對不同鹽類、濃度、醃製方法及環境條件對「客家芥菜」的酸鹼度、顏色及亞硝酸鹽含量的影響進行研究，結果顯示：

一、不同濃度粗鹽對酸菜影響：

- 1.酸鹼變化：鹽的濃度越低，浸泡芥菜後浸泡液酸性越強。
- 2.顏色變化：鹽濃度較高時，顏色較綠；鹽濃度較低時，顏色偏黃。
- 3.亞硝酸鹽變化：粗鹽濃度越低，亞硝酸鹽越低。

二、不同種類鹽對酸菜影響：

- 1.酸鹼性變化：粗鹽、低鈉鹽的濃度低，酸性較強；而精鹽浸泡液，對芥菜酸鹼影響較小。
- 2.酸菜顏色變化：精鹽、粗鹽酸菜顏色偏黃色，低鈉鹽酸菜顏色偏暗綠。
- 3.亞硝酸鹽變化：粗鹽、低鈉鹽濃度越低酸性較強，而粗鹽濃度越高，產生亞硝酸鹽越高，而低鈉鹽、精鹽濃度越高，產生的亞硝酸鹽越低。

三、不同方法醃製對酸菜影響：

- 1.酸鹼性變化：傳統方法三種鹽的酸鹼性，數天後變得較不酸。
- 2.顏色變化：精鹽、粗鹽顏色偏黃色，低鈉鹽顏色偏暗綠。
- 3.脫水率：以精鹽脫水率最高，低鈉鹽脫水率最低。如果要快速讓芥菜脫水、醃製，精鹽將是首選。

四、添加物-加養樂多對酸菜影響

- 1.亞硝酸鹽變化：不同濃度粗鹽添加養樂多，醃製到10-12天時，亞硝酸鹽含量消失。
- 2.酸菜顏色變化：養樂多加粗鹽，顏色較偏黃色。

五、有無光的環境對酸菜影響

- 1.酸鹼性變化：有光的環境比無光環境酸。
- 2.顏色變化：有無光都是泡越久，顏色較偏黃色。
- 3.亞硝酸鹽變化：無光環境比有光環境亞硝酸鹽含量較多。

六、不同濃度鹽對福菜影響

- 1.酸鹼性：以5%粗鹽、5%精鹽所醃製的福菜最酸，而低鈉鹽以8%低濃度醃製的福菜最酸。
- 2.亞硝酸鹽變化：粗鹽醃製的福菜，亞硝酸鹽幾乎為0 (PPM)。