【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱：「冠」頭放多「酒」?

一、摘要：

本研究旨在探討不同保存環境下，自製鳳梨罐頭的發酵速率及程度，藉此我們得以找出最適合保存鳳梨的環境。柵欄技術是一種結合一個以上食品保藏因子來共同保障食品穩定性和安全性的方法，利用食品內不同抑菌防腐因子的交互作用，又稱「柵欄效應」，以延長食品保存性、提高經濟效益。因此，我們以台農 17 號金鑽鳳梨作為我們的主角，再以加熱時間、環境 pH 值和加糖量為柵欄因子，觀察這些柵欄因子和其交互作用對鳳梨保存性的影響。實驗結果發現，大部分酒精濃度平均變化的趨勢與微生物生長曲線相似，且當鳳梨不加熱、所處環境 pH 值為 3 和加入 75 克糖時都可以增加其保存性。最後，在能維持食物原本風味的前提下，柵欄因子間的交互作用又以改變「加熱時間」、「加糖量」為最符合經濟效率的方法，且能有效抑制微生物孳生。

二、探究題目與動機：

當水果買太多吃不完時該怎麼辦?其中一個辦法就是將它們做成水果罐頭!但是自製水果罐頭的品質與我們保存的方式有很大的關係，若是保存不當，很可能會導致水果更快腐敗或失去原本的美味。配合柵欄技術的概念，我們決定以鳳梨作為我們的主角，觀察各種柵欄因子以及其交互作用對鳳梨發酵速率、程度的影響，嘗試找出一種最適合保存鳳梨的環境，且在能保持原本風味的前提下，依舊能有效抑菌防腐。

三、探究目的與假設：

(一)探究目的：在能維持食物原本風味的前提下，找出一種最能延長鳳梨罐頭保存性的環境。

(二)研究假設：

1. 鳳梨加熱時間越長，越能延長其保存性。
2. 環境 pH 值越低，越能延長其保存性。
3. 加糖量的多寡，對其保存性的影響不大。
4. 加熱時間越長且環境 pH 值越低是最有效延長其保存性且符合經濟效益的柵欄因子之交互作用。

四、探究方法與驗證步驟：

(一)實驗方法與步驟:

1. 取約 180g 鳳梨切塊平均裝入 3 個玻璃罐並密封。
2. 另取約 540g 鳳梨切塊，加入 1000 水(、75g 砂糖)以大火煮沸至水滾。
3. 分別在水滾後 3、6、9 分鐘時取出 12 塊放涼，再各自放入 3 個玻璃罐密封。
4. 將鍋裡的鳳梨汁取出備用，並以 pH 計測量其 pH 值(註:約落於 pH=4 左右)。
5. 取出部分鳳梨汁，以水和和食品製酸劑將其調整成 pH 值=3 和 5。
6. 將 3 種調配好的鳳梨汁分別倒入不同加熱時間下裝入鳳梨的 3 個玻璃罐。

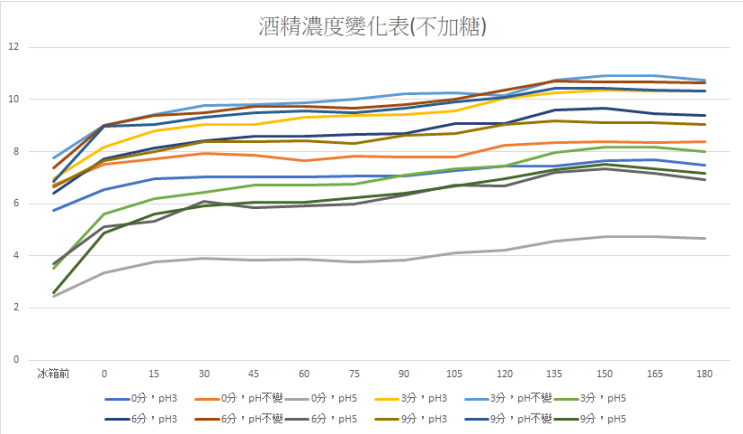
7. 以 ATC 酒度計測量並記錄目前酒精濃度，放入冰箱冷藏 30 分鐘。
8. 冷藏後以 15 分鐘為一週期測量並記錄酒精濃度，持續觀測 180 分鐘。
9. 重複 3 遍步驟 1～8。
10. 將三重複數據取平均，對比實際數據與原先假設情形的差別並探討可能原因

圖一、pH 計

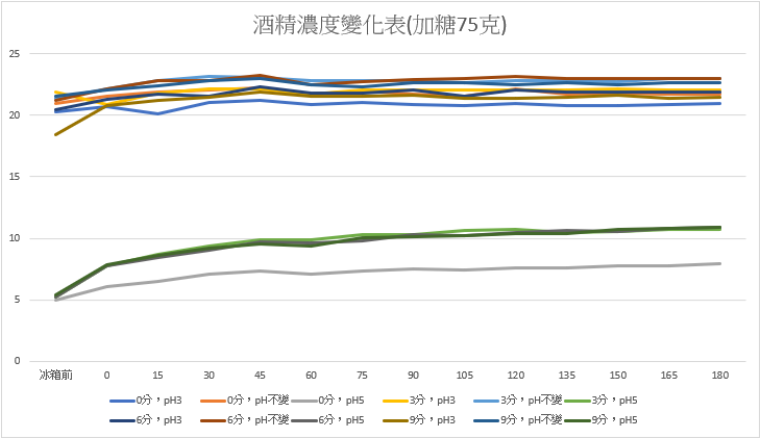
圖二、ATC 酒度計

(二)實驗結果分析

1. 酒精濃度變化趨勢：



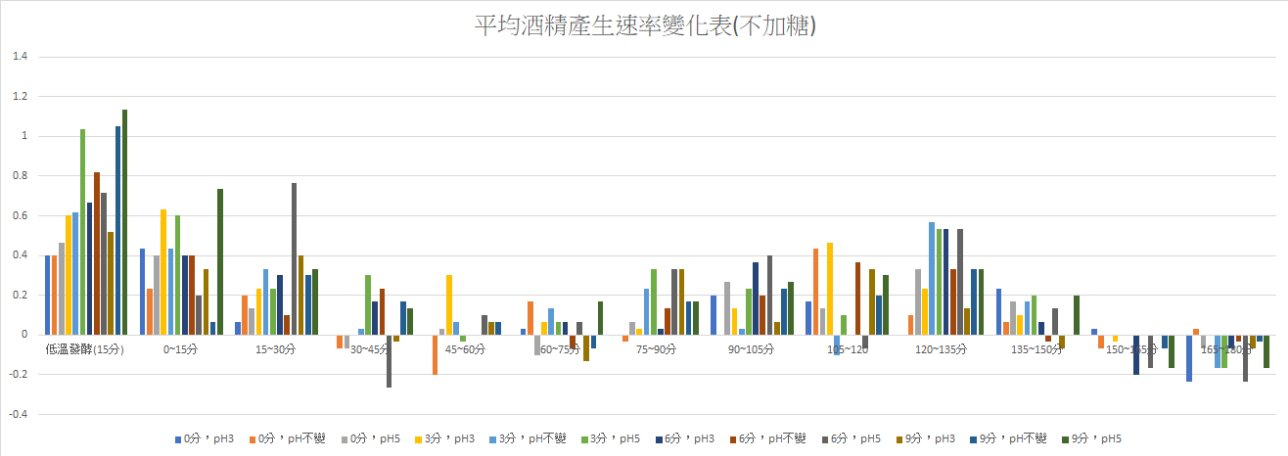
圖三、平均酒精濃度變化折線圖(不加糖)



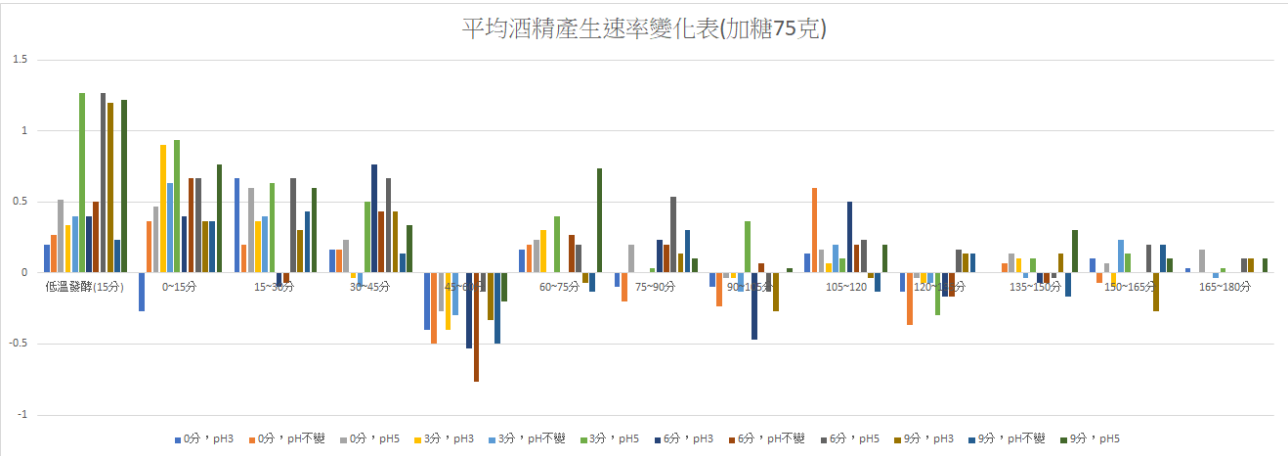
圖四、平均酒精濃度變化曲線(加糖 75g)

在統整所有收集到的數據後，我們由圖三、四可知，幾乎全部樣本的酒精濃度變化趨勢都十分雷同。平均而言都會先急遽上升，之後曲線就會變得比較平緩，甚至有些樣本在最後時酒精濃度反而會下降。

2. 與微生物生長曲線之相似性：



圖五、平均酒精產生速率群組直條圖(不加糖)



圖六、平均酒精產生速率群組直條圖(加糖 75g)

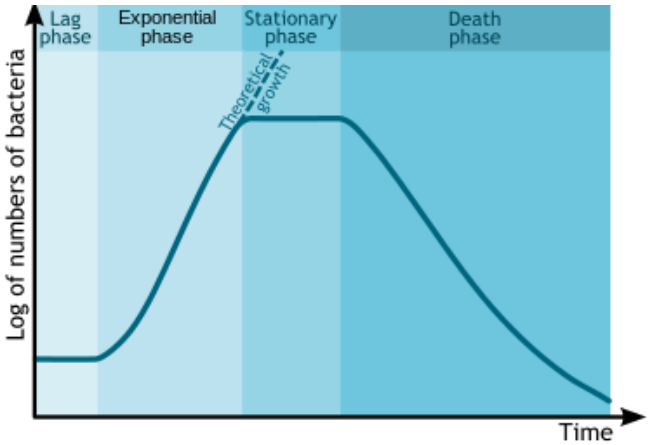
由上圖五、六可知

(1) 在拿出冰箱後的 30 分鐘內，酒精濃度增加率仍舊很高，一直到大約拿出冰箱 60 分鐘後，因罐頭內微生物需要適應新的環境，酒精濃度變化才有停滯、下降的趨勢，可以對應至下圖七的 Lag phase。

(2) 接著在大約在拿出冰箱後 75～135 分鐘時，因微生物已吸收足夠的養分，會大量繁殖，造成酒精濃度急遽增加，也就是下圖七的 Exponential phase。

(3) 再來大約在拿出冰箱後 135～150 分鐘時因生長限制因素，像是營養物質消耗殆盡等，酒精濃度慢慢趨於平緩，可以對應到下圖七的 Stationary phase。

(4) 最後，也就是大約在拿出冰箱後 150～180 分鐘時，有些樣本才因微生物缺乏營養或環境不適合生存而死亡，酒精濃度呈現下降的趨勢，可以對應至下圖七的 Death phase。



圖七、微生物生長曲線

(圖片擷取自 https://www.thoughtco.com/bacterial-growth-curve-phases-4172692)

3. 單一柵欄因子討論：

若將每一種食品保藏因子看成是一道阻礙微生物跨越的柵欄，那麼微生物能否跨越柵欄將是決定食品保存性的關鍵，且食物防腐的基本概念就是為了將微生物阻擋或是拖延在前面的 Lag phase，因為一旦進到 Exponential phase 後，就無法有效阻止食物腐敗。因此我們將三個柵欄因子分別討論，固定其他兩個變因，以觀察出哪種環境能更慢進入 Exponential phase 和增加比較少的酒精濃度，進而判別哪種保存方式較能延長鳳梨的保存性。

(1) 加熱時間

不加糖，pH不調整	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
加熱0min	6.7	0.4333333(105分~120分)	8.366666667	1.666667
加熱3min	7.766666667	0.5666668(120分~135分)	10.73333333	2.966667
加熱6min	7.366666667	0.3666665(105分~120分)	10.63333333	3.266667
加熱9min	6.866666667	0.3333333(120分~135分)	10.33333333	3.444444

表一：平均酒精濃度變化表(pH 不調整、不加糖)

在 pH 值不調整且不加糖的狀況下，可以觀察到有加熱的樣本平均比不加熱的樣本進入 Exponential phase 的時間點還晚，但並沒有隨著加熱時間變久而導致進入 Exponential phase 的時間點變得更晚，且酒精濃度平均增加量趨勢也與一開始推測的不一樣，沒有隨著加熱時間變久而減少，反而呈正相關。推測可能是因為初始菌量或養分差距過大而導致，與當初假設情形不一樣。

(2) 環境 pH 值

不加糖，不加熱	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
pH=3	5.733333333	0.2333333(135分~150分)	7.466666667	1.733333333
pH不變	6.7	0.4333333(105分~120分)	8.366666667	1.666666667
pH=5	2.433333333	0.3333333(120分~135分)	4.666666667	2.233333333

表二：平均酒精濃度變化表(不加熱、不加糖)

在不加熱且不加糖的狀況下，可以觀察到 pH =3 的樣本平均進入 Exponential phase 的時間點最晚，且其酒精濃度平均增加量也偏低。發生此現象應是因為微生物大多害怕高溫、低溫、太酸或太鹹等太過極端的環境，因此可以推斷在其它變因固定時，pH=3 的保存性較 pH=4 或 5 還好，與當初假設情形相同。

(3) 加糖量

不加熱，pH不調整	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
不加糖	6.7	0.4333333(105分~120分)	8.366666667	1.666667
加糖75g	20.96666667	0.6(105分~120分)	21.73333333	0.766667

表三：平均酒精濃度變化表(pH 不調整、不加熱)

在 pH 值不調整且不加熱的狀況下，可以觀察到加糖 75g 的樣本雖與不加糖的樣本平均差不多時間點進入 Exponential phase，但加糖 75g 的樣本酒精濃度平均增加量卻比不加糖的樣本低很多。發生此現象應是因為大部分的微生物無法克服環境的高滲透壓，因此可以推斷在其它變因固定時，加糖 75g 的保存性較不加糖的還好，與當初假設情形不一樣。

4. 柵欄因子的交互作用:

兩個或兩個以上柵欄因子的作用不僅僅是單一柵欄作用的累加，因其處理方式較溫和，更是維持食品風味的關鍵因素。因此我們利用(三)的結果，嘗試找出能有效抑制食物腐敗、過程符合經濟效益又能不破壞其風味的交互作用組合。

不加熱，pH3	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
不加糖	5.733333333	0.2333333(135分~150分)	7.466666667	1.733333333
加糖75g	20.26666667	0.1666667(30分~45分、60分~75分)	20.93333333	0.666666667
加糖75克，pH3	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
加熱0min	20.26666667	0.1666667(30分~45分、60分~75分)	20.93333333	0.666666667
加熱3min	20.23333333	0.3(60分~75分)	22	1.766666667
加熱6min	20.46666667	0.7666667(30分~45分)	21.83333333	1.366666667
加熱9min	18.4	0.4333333(30分~45分)	21.43333333	3.033333333
不加熱，加糖75g	初始值	峰值(時間點)	最終值	增加量
pH=3	20.26666667	0.1666667(30分~45分、60分~75分)	20.93333333	0.666666667
pH不變	20.96666667	0.6(105分~120分)	21.73333333	0.766666667
pH=5	5	0.2333333(30分~45分、60分~75分)	7.966666667	2.966666667

表六：柵欄因子的交互作用統整表

由上表可知，pH 值是影響酒精濃度變化最小的柵欄因子，因為即使環境調成 pH=3，酒精濃度平均變化才減少 13.7%，且進入 Exponential phase 的時間點也沒有變晚，代表這個方法並不符合經濟效率，其餘兩個變因則稍做改變即有顯著影響。因此，我們能推測斷，為了符合經濟效率又能有效減少微生物孳生，依據實驗結果最有效率的方法就是增加糖量和減少加熱時間，與當初假設情形不一樣。

五、結論與生活應用：

結合完整實驗及分析探討，可知大部分酒精濃度平均變化的趨勢都與微生物生長曲線相似，會有一段明顯急遽增長的時期，之後趨勢會變得平緩，甚至下降；且當鳳梨加熱時間越短、所處環境 pH 值越低或加入適量的糖都會使進入 Exponential phase 的時間點變晚、平均酒精濃度增加量變少，進而增加其保存性。另外，柵欄因子間的交互作用又以改變加熱時間、加糖量為最符合經濟效率的方式，不僅能有效減緩微生物孳生，也能維持食物的風味。由上述實驗結果，可以提供想有效保存自製水果罐頭的人一個參考。更重要的是，在這個資訊量爆炸的時代，很多廣為流傳的流言並不完全與事實相符，不武斷地盲從且以科學的角度思辨早已是我們該具備的素養，只有經過嚴謹、完整的科學實驗才能證實其正確與否。

參考資料：

1.天下雜誌 顛覆 你對罐頭與真空包裝食物的錯誤迷思 檢索日期：2021/2/01
https://www.cw.com.tw/article/5082288
2.食品工業發展研究所 認識罐頭食品 檢索日期：2021/2/01
http://fikb.firdi.org.tw/fikb/B/1-2-1-1.htm
3.CAS 優良肉品網 柵欄技術的基本原理 檢索日期：2021/2/25
http://www.naif.org.tw:8080/topicContent.php?forewordTypeID=1&id=150&page=1
4.臺灣食品技術交流網 柵欄技術在食品加工與保存上之應用 檢索日期：2021/3/20
http://blog.sina.com.tw/food100/article.php?entryid=611926