

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

082913

彈鳳說酵~醃漬與接種發酵之交手

學校名稱：臺南市關廟區五甲國民小學

作者：  小五 黃瑋婷  小五 楊勝帆  小五 盧楷婷	指導老師：  張真嫻  陳美伶
---	-----------------------------

關鍵詞：醃漬、接種發酵、鳳梨豆醬

## 摘要

查訪坊間傳統製作鳳梨豆醬經驗，以鳳梨：鹽：糖：冰糖：豆麴=10：0.8：1：0.5：0.33比例製作，探討醃漬加上接種發酵的發酵環境、糖與鹽的功能、變革坊間傳統製法以及鳳梨肉質和糖酸比，討論發酵歷程的糖度、酸鹼值及乳酸量發展。發現常溫、陰暗、壓製、密閉的發酵環境，以及鹽從 6%減至 3%、糖從 12%減至 6%的半糖半鹽變革製作方法，糖度消耗比傳統製法高(發酵 21 日傳統方法耗損 3 Brix、變革方法 6 Brix)、乳酸累積量也比傳方製法多(發酵 21 日傳統方法乳酸量 1.035%、變革方法 1.152%)，而品評結果也顯示變革方式勝於傳統製法，這種變革的鹽糖減半、陰暗及壓製的製作方法讓鳳梨豆醬更健康美味。

## 壹、研究動機

關廟是我們的家鄉，在這裡一年四季都有生產鳳梨，尤其在 3-5 月份是鳳梨的盛產季，盛產季節許多遊客會來到我們這裡購買或宅配鳳梨，並參加「台南鳳梨好筍季」活動享受鳳梨與竹筍的各式佳餚與挑選好吃的鳳梨比賽，這個季節除了炙熱的溫度之外，大街小巷都是擺著一籠籠橙黃綠的鳳梨，然而在鳳梨攤位旁有一處就會擺著一罐罐不起眼的玻璃罐，裡面裝著鳳梨與豆子。

這一罐罐的玻璃瓶並非在這個季節或小攤販的地方才可以看見，而是在我們的家裡不起眼的陰暗角落就會擺上一罐罐的玻璃瓶，裡面裝有筍絲筍干還有鳳梨豆子，我們這群小孩也不知這些瓶瓶罐罐有甚麼意義，但家裡的餐桌上常常有出現美味的菜餚或湯，那種味道是家鄉味，因為常常從遠地回來的姑姑或叔叔阿姨們，來到我們家作客時這種美麗的風味就會飄在我們的家中，每次看見他們享受美味大餐的神情，我們也覺得好奇，那種家鄉味究竟甚麼意思？奶奶與媽媽是怎麼做出來？家鄉味可以做出來！

我們都問了家人，關廟的家鄉味究竟是甚麼？他們大多都說是那一罐罐玻璃瓶所醞釀的味道，我們這群研究者的家人都有習慣製作那一罐罐的家鄉味，而且我們之中也有阿公阿媽擁有一大片的鳳梨園，在鳳梨盛產季時除了銷售美味的鳳梨之外，也將閒餘的農產品手作成這一罐罐的「鳳梨豆子」，他們說這就是可以延長保存又可醞釀神奇的家鄉味。

這讓我們也很好奇究竟是什麼精靈在工作，我們都問家人，大多數的答案都是什麼東西

加在一起...然後就變成...，我們也會再問那究竟是要加多少...，大部分的答案就是「菜市場就有一包包配好的材料」...ㄟ.....。在我們參加這個科學研究之前，這些模糊答案早已存在我們這幾個人的心中，但不知這個「家鄉味」究竟是怎麼來的？

老師透過學校內樂齡中心的阿秀班長以及退休老師王老師，帶我們尋訪了鳳梨達人劉老師，劉老師跟我們敘說許多鳳梨的生長特性，可能因為陽光角度與土質酸鹼會種植出不同品質的鳳梨，並且不藏私的告訴我們「鳳梨豆子」就是一種醃漬品與微生物一起反應作用的鳳梨豆醬，還將他的生產配方教導我們，以便我們接下來的研究，他鼓勵的跟我們說：「種植是一種經驗的累積與傳承，但不要放棄在歷程中要善用敏銳的觀察與研究的心態，調整與挑戰這種傳承下來的經驗」，這種研究精神的態度深深的影響我們接下來要探討的主題。我們也拜訪了當地的鳳梨豆醬與豆麩製造商~和興行，老闆看見我們這群認真記筆記的小孩，就滔滔不絕的將他製作鳳梨豆醬過程的經驗和我們分享，出汁、生「白姑」、冒泡、褐化反應...等等製作中可能會產生的問題，他都一一接受我們的詢問，詳細的跟我們討論與說明。

我們知道這個家鄉味的學問不只在於主角配角是誰，而是想要探討出這些角色的功能，以及如同劉老師給我們的勉勵~要挑戰傳統中的「不知」，以及試圖讓這些「不知」變成「知識」，甚至嘗試做出更健康更美味的創新「家鄉味」。而在「自然與生活科技領域」的生鏽與防腐這個單元也談到食物的防腐，運用醃漬或發酵讓食物更美味及延長保存期限，與我們想要探討的主題不謀而合，藉由這個研究可以更深入探討醃漬與微生物對食物的作用。

## 貳、研究目的

- 一、家中鳳梨豆醬都擺放在不起眼的位置，常常是角落或者光線較弱的地方，為了瞭解鳳梨豆醬生長的環境，我們進行不同的實驗設計，探討光線、溫度以及曝氣和發霉條件。
- 二、當醃漬角色~糖、鹽遇見豆麩接種時究竟發揮甚麼功能？使用刪去法或刪減法探討這些醃漬角色的功能，究竟對鳳梨豆麩發酵有何種影響。
- 三、運用目的一二的實驗結果，嘗試不同的鳳梨豆醬作法，減少不必要的鹽與糖，找出更美味健康的創新做法。
- 四、研討同品種不同肉質、不同含水量、不同糖酸比所製作出鳳梨豆醬的發酵差別。

## 參、研究設備與器材

### 一、設備

設備名稱	廠牌	型號規格
酸鹼值測定計	自有品牌	精度:±0.1PH 分辨率:0.1PH
滴定架	自製	
手持式糖度檢測計	怡佳	0-90%
溫度控制器	UCI 電子	AC110V/220V XH-W2102 1500W
電子磅秤	TANITA	KD-187 最大秤重 1 公斤，最小感度 1 公克
發酵箱	自製	
瓦斯爐	林內	

### 二、器具及藥品

器 具	藥 品
滴定管(透明 50ml)	酚酞
量筒(1000ml)	蒸餾水
量杯(200ml)	NaOH 標準溶液(0.1N)
燒杯(500ml)	酸鹼值校正用標準液(PH4.0、PH7.0)
滴管(塑膠 10ml)	
湯匙	
玻璃瓶(200、500、800ml)	
攪拌棒(透明塑膠)	
漏斗(50ml)	
燈泡(5w、60w)	
溫度計(100°C、50°C)	

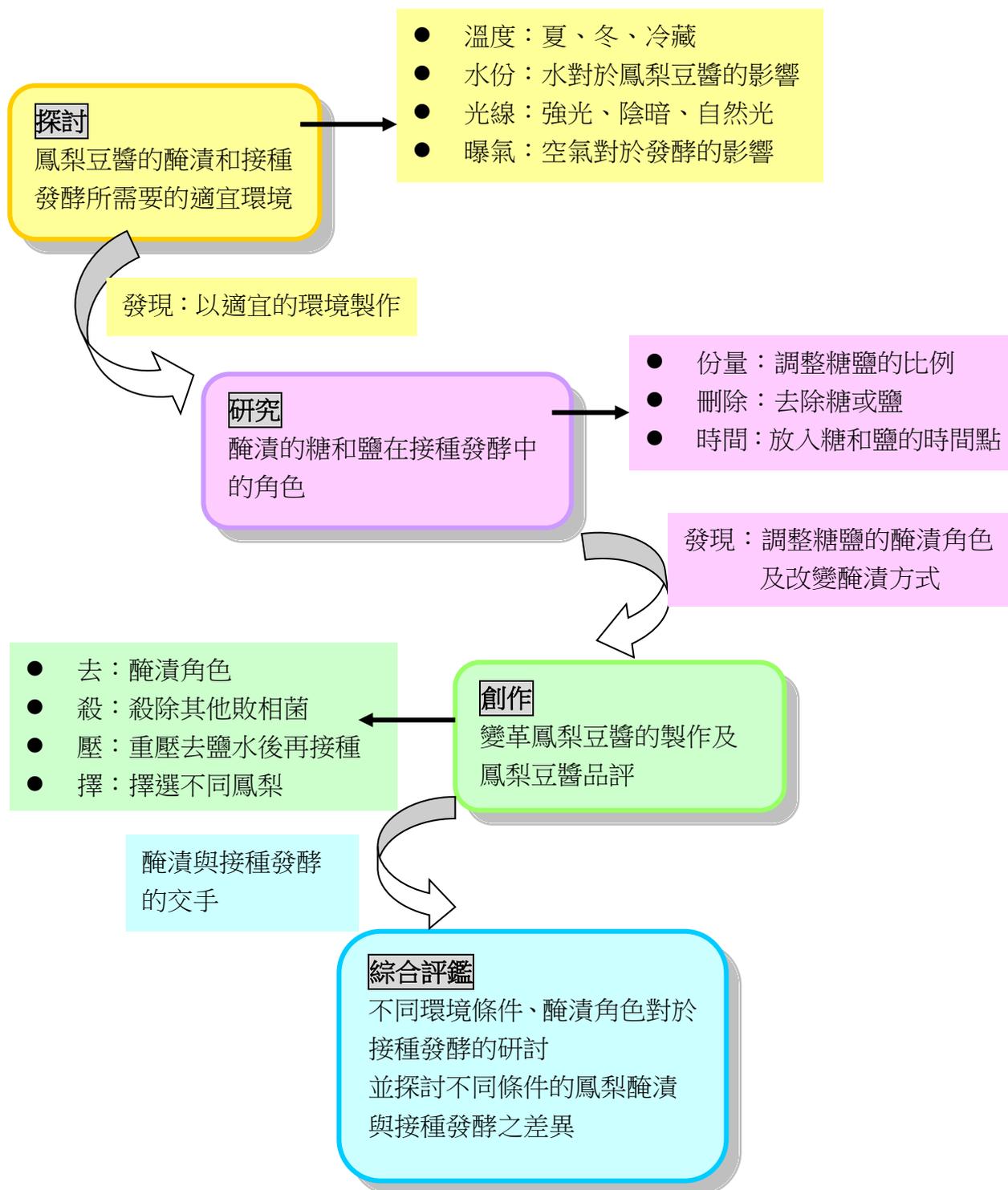
### 三、材料

台鹽海鹽、台糖二號砂糖、鳳梨、米酒、鋁箔紙、厚紙板、豆麩<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> 豆麩是指黃豆經過浸泡、蒸煮、接種麴菌、製麩而成。

## 肆、研究過程與方法

### 一、研究架構



## 二、 研究歷程及實驗方法

### (一) 準備期

#### 開頭難~尋找配方

我們不知道鳳梨豆醬真正的做法，回家問阿媽或媽媽，但家人都告訴我們說只要去市場某攤位買一包配置好的材料再加上鳳梨，手拌後裝瓶就可完成，我們對於這些市場攤位賣的一包包材料很好奇，但卻不知那裏面是什麼成分還有比例是多少，於是老師指導我們蒐尋網路相關影片及文字資料，看到好多的製法也查到不同的配方與比例，但這些資料經過大家的討論，都包括糖、鹽和豆麩，有些還會添加冰糖、米酒、甘草...；在比例上就又更讓我們大家頭痛了(如表)，我們試算一下比例就決定以表一【配方 2】~六個配方中較靠近中間值進行試作。

表一 鳳梨豆醬各式製作配方及比例

成分(g)	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	平均值
鳳梨	1200/600	600	600	600	2400/600	3000/600	600
豆麩	200/100	60	150	30	300/75	100/20	72.5
鹽	225/112.5	60	75	75	300/75	375/72	80
糖	300/150	160	30	150	600/150	75/15	109

#### 採 樣~遵守實驗樣本的一致性

為了要求一致的檢測數據，並且研究對象~鳳梨的自然屬性都有差異，所以我們在採樣實驗時都從整枝鳳梨的頭到尾進行縱向切塊，因為頭甜尾酸的特性恐怕會影響測量數據。若有同一實驗因素操控的數組組別，皆使用同一顆鳳梨，保持實驗對象的同一屬性。



縱向切塊，包括鳳梨心



縱向切塊後再橫切成小塊狀



將扇形塊狀鳳梨放入瓶中

#### 試 作

我們挑選配方 2，由同學的阿公免費提供鳳梨，我們調整糖、鹽、豆麩的方式試作，並且觀察記錄每一瓶鳳梨豆醬的情況。

實驗鳳梨基本資料：品種：19 號蜜寶 糖度(°Brix) 12.2 酸鹼值 3.91

表二 鳳梨豆醬試作紀錄表

編號	鳳梨 (g)	鹽 (g)	糖 (g)	豆麩 (g)	發酵日 12 日	發酵日 76 日	
					糖度(°Brix)	糖度(°Brix)	酸鹼值
A	50	0	13	5	19.9	33.5	4.96
B	50	5	13	5	24.8	37	4.63
C	50	10	13	5	25.1	43	4.93
D	50	5	0	5	13.9	23.5	4.72
E	50	5	13	5	21.4	37	4.78
F	50	5	26	5	27.4	48.5	4.94
G	50	5	13	0	20.8	35.5	4.16
H	50	5	13	5	16.9	25	4.63
I	50	5	13	10	23.2	41.5	5.26
J	50	0	0	5		12.5	5.02
K	50	0	0	17		25	無汁
L	50	0	17	0		30	4.14

表三 鳳梨豆醬發酵歷程之情形

發酵日數	鳳梨豆醬情況	實驗組編號
7 日後	出現白色不明物(毛狀)	C DE GHI
	出現青綠色不明物	B F
	無任何不明物	A JKL
	觀察後，搖晃瓶身的內容物，使汁液和鳳梨與不明物充分混合	
8 日後	無任何不明物	A~L
	10/12 搖晃每一實驗瓶之後，今日用眼睛目測，沒有發現青綠色或白色的毛狀物。G 有氣泡，只加糖沒有加鹽和豆麩。	
12 日後	出現白色不明物(片狀)	F
	無任何不明物	ABC DE GHI JKL
	觀察後，搖晃瓶身的內容物，使汁液和鳳梨與不明物充分混合	
	1. F 的液體上飄著白色的片狀不明物體，是片的不是毛，液體內有許多小氣泡。上午下午瓶內有許多氣泡。根據前一次的觀察紀錄，汁液面上的鳳梨出現青綠色物體。 2. GL 產生許多小氣泡，其餘瓶內沒有氣泡。GL 未加豆麩。	
18 日後	出現白色不明物(球狀)	B E I
	許多氣泡	F
	無任何不明物	AC D GH JKL
	BEI 表層鳳梨有白色不明物體，其 B 白色不明物體最多，發現未完全浸泡在汁液的鳳梨容易有白色不明物體。	
40 日後	無任何不明物	ABC DF GHI JKL
	出現白色不明物(塊狀)	E

## 專家法~經驗的傳承與指導

鳳梨有許多屬性是我們這些在地人都不曾察覺的，包括肉聲柱聲鼓聲等等不同。老師幫我們邀約關廟一位在地種植與研究鳳梨的達人~劉老師，我們向他請教許多鳳梨豆醬製作的方法，然而卻意外的學習到種植方法，不同方法會種出不同品質的鳳梨，包括向陽坡背陽坡的日照條件、土質酸鹼值條件、季節性不同、雨水量的多與寡...，讓我們也與研究主題鳳梨豆醬產生連結，究竟要挑選怎樣的鳳梨來製作鳳梨豆醬。



### 訪談問題：

1. 鳳梨豆醬如何製作？
2. 鳳梨豆醬上的白色物體是什麼？
3. 鹽巴和糖對鳳梨豆醬來說是什麼功用？
4. 要如何挑選鳳梨來製作？
5. 鳳梨豆醬美味的關鍵是什麼？

## 製作發酵箱

### 第一代發酵箱



#### 實驗設計：

裝設 5W 燈泡，且箱子兩側有網孔，上層瓶蓋插入溫度計觀察，瓶蓋稍有打開，按照不同時間點檢測燈泡下方 ABC 三個點的溫度。

當時氣溫 19°C 室溫 21°C

#### 測量結果

Time	A	B	C
30 分鐘	21°C	22°C	24°C
60 分鐘	21°C	22°C	25°C

#### 發現 1

箱內溫度與室溫差不多，顯現 5W 燈泡熱度不足。



#### 實驗設計：

裝設 60W 燈泡，且箱子兩側有網孔，上層瓶蓋插入溫度計觀察，瓶蓋稍有打開，按照不同時間點檢測燈泡下方 ABC 三個點的溫度。

當時氣溫 18°C 室溫 20°C

#### 測量結果

30 分鐘	39°C	41°C	47°C
-------	------	------	------

#### 發現 2

雖然兩側都有通風網，但 60W 的熱力過高，與實際的夏天溫度有一段差距。

以上發現 1 及 2 讓我們初步了解箱子大小與燈泡瓦數的關係。我們決定用 60W 燈泡並且加大發酵箱容量，才可以放置更多瓶子。

## 第二代發酵箱



### 實驗設計：

運用玩具紙箱製作第二代發酵箱，裝設 60W 燈泡且箱子兩側加設網孔，上層蓋子是紙蓋，而且周遭都是透光的塑膠板蓋子並非密閉陰暗。按照不同時間點檢測燈泡下方 ABC 三個點的溫度。

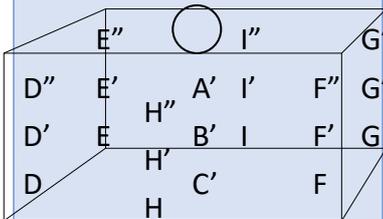
當時氣溫 18°C 室溫 22°C ~23.5°C

### 測量結果

Time	A	B	C
30 分鐘	30.5°C	33°C	40°C
60 分鐘	33°C	36°C	43°C
120 分鐘	35°C	39°C	47°C
180 分鐘	37°C	42°C	55°C

### 發現 3

溫度隨著時間增加而不斷的蓄熱，因為熱是往上爬升所以我們討論之後，決定將上方紙蓋子去除一半。



### 實驗設計：

裝設 60W 燈泡且箱子上層蓋子掀開一半，周遭是透光的塑膠板蓋子並非密閉陰暗。一小時之後檢測發酵箱七處的燈泡下方的上中下溫度(三點之間間隔 5cm)，如左邊透視圖。

當時氣溫 22.5°C 室溫 25°C

### 測量結果

測量點	上	中	下
A'B'C'	37°C	34°C	33°C
DD'D''	37°C	34°C	33°C
EE'E''	35°C	33°C	32°C
FF'F''	38°C	35°C	33°C
GG'G''	36°C	33°C	31°C
HH'H''	38°C	34.5°C	34°C
II'I''	37°C	34°C	32°C

### 發現 4

上中下方溫度都在 31-38°C 之間，且隨著時間加長，溫度幾乎±1°C，以上方熱源出口處 H'' F'' 測得的溫度較高。

第二代發酵箱內測得我們需要的夏天溫度 30-35°C 的發酵環境(較高溫度的點 37-38°C 我們討論不放置發酵瓶)，但卻發生另一個問題，當室溫降到 20°C 以下(因為實驗當時已經進入 107.01 初)，箱內溫度最高溫無法維持在 30°C 以上，整個發酵箱受外界氣溫影響太大。為了調配箱內溫度不受限於外界氣溫影響，並且溫度過高時也能自動降溫、溫度過低時會自動加熱，所以我們又上網蒐尋控溫器，在飼養小動物的專賣店找到它。

## 第三代發酵箱



溫度控制器

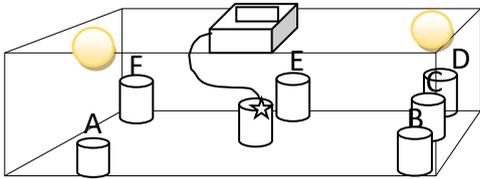


箱子較大所以我們在前後裝設各一顆 60W 燈泡



箱子內部周圍張貼反光的錫箔紙，希望週邊的熱源能經由光的反射而達到熱均勻

將感測點黏貼在☆，並檢測 A~F 瓶蓋上的溫度，測得的溫度及調整如右側表格。A 和 B 處靠近箱子開口處。



測點	A	B	C	D	E	F
瓶蓋溫度	36	34	35	42	37	37
瓶底溫度	32	32	31	38	35	35

#### 發現 5

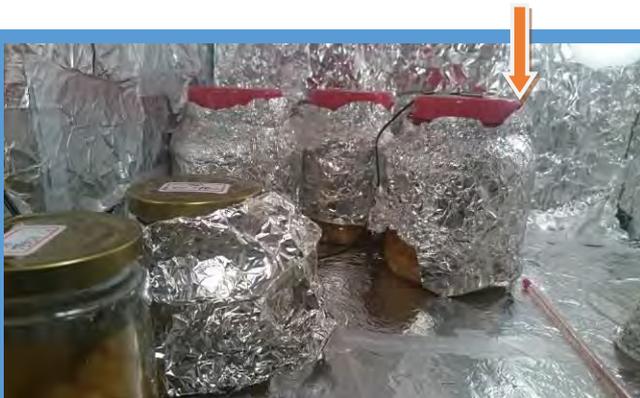
溫度偏高，幾乎都在 35°C 以上。而在 D 點上的實驗組甚至在鳳梨表面長出白色毛狀物，其餘的實驗瓶都無出現此現象。

實驗設計：為了讓實驗更符合夏季溫度(35°C)，也避免鳳梨過高溫長出白毛，所以我們決定將☆往 E 方向移動 10cm。

測點	A	B	C	D	E	F
瓶蓋溫度	32	35	35	37	34	33
瓶底溫度	30	31	31	36	30	30

#### 發現 6

溫度符合實驗設計的 35°C 左右，而 D 點溫度仍過高，我們決定在這個點上不擺放實驗瓶。



溫控點擺放位置在箭頭點上。



為了防止光線影響發酵，以不透光鋁箔紙包裹。

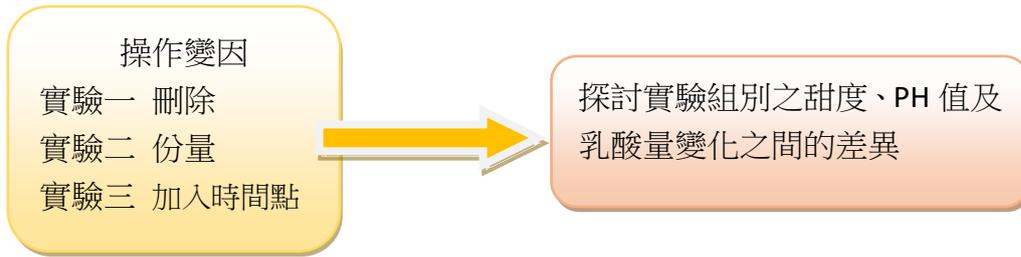
## (二) 實作期

### 1. 實驗內容

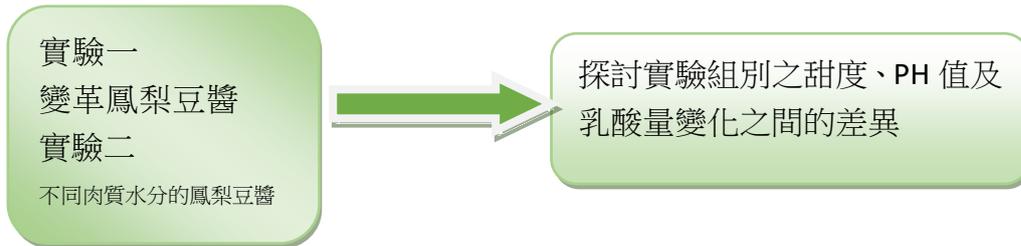
研究一 鳳梨豆醬的醃漬和接種發酵所需要的適宜環境



## 研究二 醃漬的糖和鹽在接種發酵中的角色



## 研究三 變革鳳梨豆醬的製作探究



## 研究四 鳳梨豆醬成品品評

### 2.鳳梨採樣測量



### 3.樣本檢驗

#### (1) 糖度檢驗



## (2) PH 值檢驗



1. PH 檢測筆進行兩點校正。
2. 從鳳梨豆醬中取出 10g 發酵液，用蒸餾水稀釋到 100CC.，使用酸鹼指示筆檢測酸鹼值
3. 以蒸餾水清洗並拭乾 PH 檢測筆。

## (3) 可滴定酸測定

<p>取樣 10g 加蒸餾水定 量到 100ml</p>	<p>攪拌均勻後取出 25ml</p>	<p>以 0.1N NaOH 標準溶 液滴定</p>	<p>加入酚酞後滴定到 變成淡粉紅色並記 錄滴定量</p>

以  $A \times F \times B \times (100/S) \times (1/25) \times 100$  公式計算有機酸量

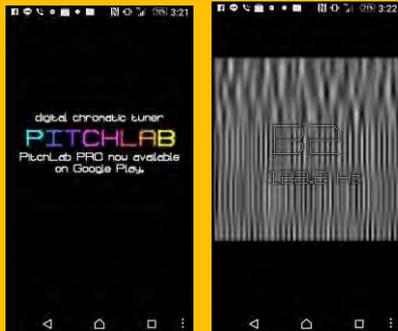
A：0.1N NaOH 溶液的滴定值(ml)。

F：0.1N NaOH 溶液的力價。

B\*：相當於 0.1N NaOH 溶液 1ml 約有機酸量(g)。

S：試料的秤取量(g)。

## 4.鳳梨果肉性質檢測



使用手指彈敲出聲  
音，先用耳朵判別。

使用 pitchlab App 音頻測量  
軟體檢測鳳梨的頻率(手指彈  
擊)，並從組員中選出彈擊最  
穩定的人。

請專家先協助挑選鳳梨  
中的肉聲果柱聲果鼓聲  
果，請彈擊力最穩定的  
組員每一個樣品彈擊十  
次並記錄十筆音頻資料  
再求平均。

檢測每一  
個不同肉  
質的含水  
率。

### (三) 成果品評期

本研究為了瞭解經由不同方法製作的鳳梨豆醬在市場上的接受程度，所以找尋 10 位無經驗的測量者進行鳳梨豆醬樣品的喜好性調查；而為了瞭解不同方法所製作出的鳳梨豆醬是否有差異性，所以尋找 10 位測試者，先進行測試項目的說明與訓練，再進行填寫官能檢查差異性評分問卷，問卷設計內容如下圖。

#### ◇ 官能檢查之差異性評分問卷

##### 變革鳳梨豆醬官能檢查之差異性評分問卷

說明：請依照您品嚐鳳梨豆醬樣品編號 1、3、4，分別評斷編號 3、4 樣本及編號 1、2 樣本各項目的特質。

性別：男 女。

樣品編號：1。

外觀	氣味	酸味	甜味	回甘味	整體接受度
<input type="checkbox"/> 非常不好看	<input type="checkbox"/> 非常不好	<input type="checkbox"/> 非常酸	<input type="checkbox"/> 非常甜	<input type="checkbox"/> 甘味濃厚	<input type="checkbox"/> 非常喜歡
<input type="checkbox"/> 不好看	<input type="checkbox"/> 不好	<input type="checkbox"/> 酸	<input type="checkbox"/> 甜	<input type="checkbox"/> 甘味濃	<input type="checkbox"/> 喜歡
<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 普通	<input type="checkbox"/> 剛好	<input type="checkbox"/> 剛好	<input type="checkbox"/> 剛好	<input type="checkbox"/> 普通
<input type="checkbox"/> 好看	<input type="checkbox"/> 好	<input type="checkbox"/> 一點點酸	<input type="checkbox"/> 一點點甜	<input type="checkbox"/> 一點點甘味	<input type="checkbox"/> 不喜歡
<input type="checkbox"/> 非常好看	<input type="checkbox"/> 非常好	<input type="checkbox"/> 沒酸味	<input type="checkbox"/> 不甜	<input type="checkbox"/> 沒甘味	<input type="checkbox"/> 非常不喜歡

#### ◇ 官能檢查法之接受性順位試驗品評問卷

##### 鳳梨豆醬官能檢查法之接受性順位試驗品評問卷

說明：請依照您品嚐鳳梨豆醬樣品 1、2、3、4，然後排列樣品的喜好順位將樣品編號 1、2、3、4 寫入下面欄位中。

性別：男 女。

品評項目	最喜歡	喜歡	還好	最不喜歡
氣味	。	。	。	。
酸味	。	。	。	。
甜味	。	。	。	。
鹽味	。	。	。	。
回甘	。	。	。	。
整體	。	。	。	。

## 伍、研究結果

在進行本項實作實驗時已經進入 1 月份冰冷的季節，在關廟的市集上僅能找到「金鑽鳳梨」，並且老闆都會告訴我們現在的鳳梨很酸不好吃，要到夏季 4-5 月才好吃。

大自然創造的每一支鳳梨嚴格說來都是獨特的，每一支鳳梨都隨著不同氣候、日照及栽種條件而結的果實都不同，為了掌控科學研究的嚴謹性，在每一個比較性的實驗時，我們挑選同一家栽種的鳳梨，甚至是用同一顆鳳梨進行 2~4 組的實驗對照，並且每一顆鳳梨都先檢測基本的糖度、酸度及含汁液比率，掌控所有變因再進行變因操作，以求更準確的實驗比較與討論，因為使用鳳梨進行科學實驗實在有太多無法處理的變因，但也因為這種實驗對象的物性，讓我們獲得更多有趣的發現。

以下表四是我們進行實驗的鳳梨取樣所檢測出的資料：

表四 實驗鳳梨基本資料

樣品編號	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
重量(g)	75	46	63	30	79	49	35	36	94	63
體積(cm <sup>3</sup> )	70	35	60	25	50	50	35	30	85	55
汁液(g)	43	26	38	23	35	28	17	24	58	36
汁液比 <sup>1</sup> (%)	57	57	60	77	44	57	49	67	62	57
糖度 (°Brix)	16	12	15	13.5	16	15	15	15	13	14
酸度 <sup>2</sup> (%)	0.90	1.08	1.08	1.13	0.97	0.61	0.77	0.67	0.77	0.72
糖酸比	18	11	14	12	16	25	19	22	17	19

1. 計算汁液重量占樣品全重的比例

2. 定容至固定量至稀釋樣品，以標準鹼容液滴定並以檸檬酸當量計算

### 研究一 鳳梨豆醬的醃漬和接種發酵所需要的適宜環境

**研究問題**：鳳梨豆醬究竟要在何種環境中發酵是最適宜？

**研究設計**：以溫度、水份、光和空氣四個變項進行實驗設計。

**實驗操作**：

#### 實驗一、溫度

一、**實驗問題**：不同溫度對於醃漬和接種的鳳梨豆醬發酵是否有差異？

二、**實驗設計**：分成三組進行實驗，A 組是模擬夏季環境的發酵，以第三代發酵箱溫度控制在 30-35°C；B 組是放在一般是溫室內環境（實驗時正是一月份冬季，當時氣溫在 10-20°C）；C 組放在冰箱冷藏室，測得溫度為 0-5°C。三組皆不直接接觸光源，並且皆以鳳梨②並搭配專家提供的比例（鳳梨：鹽：糖：冰糖：豆麴=10：0.8：1：0.5：0.33 製作），製作成分如下表：

鳳梨②	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麴(g)
A 30-35°C	150	12	15	7.5	5
B 10-20°C	150	12	15	7.5	5
C 0-5°C	150	12	15	7.5	5

### 三、實驗發現

#### (一) 出水量(瓶內汁液高度 CM)

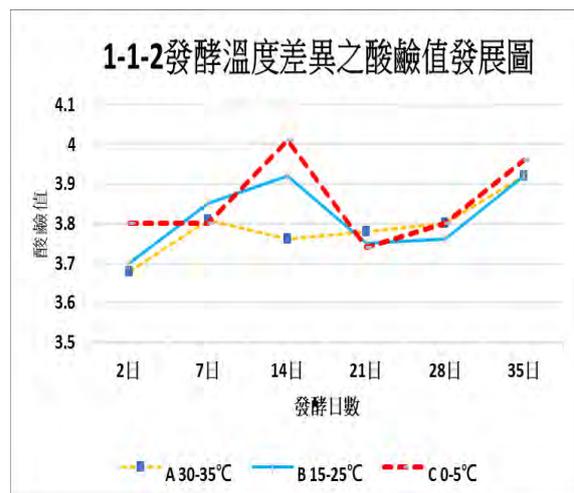
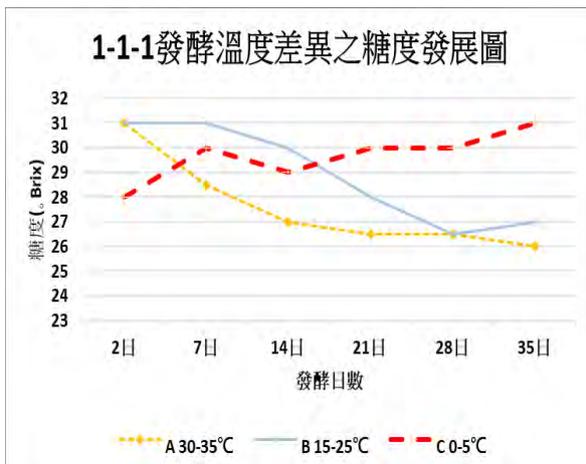
發酵時間(日)	1hr	1日	2日	3日	7日
A 30-35°C	2.0	5.3	5.3	內有許多氣泡	內有許多氣泡
B 10-20°C	1.8	5.3	5.3	內無氣泡	內有許多氣泡
C 0-5°C	1.0	4.2	5.0	5.0	內有許多氣泡

#### (二) 外觀觀察

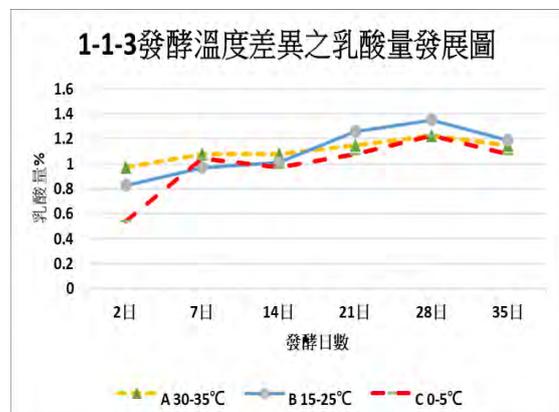


1. 製作完 1 小時之後，瓶內出現許多汁液，鳳梨內釋出許多水分，直到發酵 1-2 日後瓶內水的高度不再升高，鳳梨已經不再出水。
2. 發酵日達 21 日時觀測汁液顏色，A 是混濁、B 是乳白色，比 A 淡，C 是澄清的。鳳梨顏色 AB 屬於褐色，C 仍保持原來的鳳梨黃色。

#### (三) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值



1. 糖度發展圖中，三組有明顯的差異，以 A 組下降趨勢最快其次是 B 組，而 C 組是逐日升高。實驗結果發現溫度越高會讓糖度下降更快，溫度低會讓鳳梨的糖度逐次滲出，讓糖度逐次升高。
2. 酸鹼值的變化三組都是逐漸升高再低之後逐漸上升，A 組酸鹼值在 7-14 日降到最低，BC 組都在 14-21 日之間降到最低點，發酵 21 日前高溫的酸鹼值變化較低且偏酸，溫度越低的酸鹼值變化大且偏鹼，發酵 21 日後三組的酸鹼值幾乎相同變化。



- 三組的乳酸量變化都是由低變高，高溫的 A 組 14-21 日前都高於 BC 組，之後低於 B 組但又高於 C 組。所以溫度高低對乳酸量是有影響的。
- 結論：溫度高低會影響發酵工作，包括糖度酸鹼值與乳酸量，高溫會快速消耗糖度且 PH 值偏酸，發酵前半階段乳酸量偏高；低溫則反之。

## 實驗二、水份

- 實驗問題**：民間製作鳳梨豆醬過程時常警告器具不可碰水，以防鳳梨豆醬長黴菌。鳳梨豆醬醃漬與接種的製作方法真的不能碰水（自來水）嗎？
- 實驗設計**：設計兩組實驗，一組加入 10cc 自來水，另一組不加自來水，兩組製作方法與配方都一樣，製作成分如下表。

鳳梨②	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
A(加 10cc 水)	150	12	15	7.5	5
B(不加水)	150	12	15	7.5	5

## 三、實驗發現

發酵日 實驗樣本編號	1hr 後 汁液高度(cm)	1 日後 汁液高度(cm)	2 日後 汁液高度(cm)	3 日後 汁液高度(cm)
A(加 10cc 水)	3.2	5.2	5.2	5.2
B(不加水)	2.0	5.3	5.3	5.3

- 加水與不加水的實驗組與對照組，鳳梨滲出的液體量到最後竟然幾乎一樣。
- 加入自來水的 A 組竟然沒有任何黴菌，與民間所傳的經驗是相違背的。

## 實驗三、光

- 實驗問題**：光線對於鳳梨豆醬的發酵究竟會有怎樣的影響？
- 實驗設計**：設計三組不同的實驗，一個放入不透光的鐵櫃中、一個放在燈泡下照射、一個放在自然光的室內角落（隨著日升夜落），紀錄發酵歷程中的糖與乳酸的變化。三組製作配方與方法都保持相同，製作配方如下表。

鳳梨⑤	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
A 櫃子內	100	8.3	10	5	4
B 燈光下	100	8.3	10	5	4
C 自然光	100	8.3	10	5	4

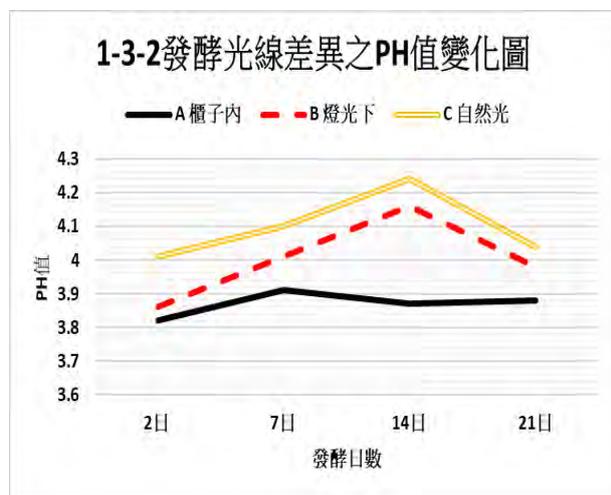
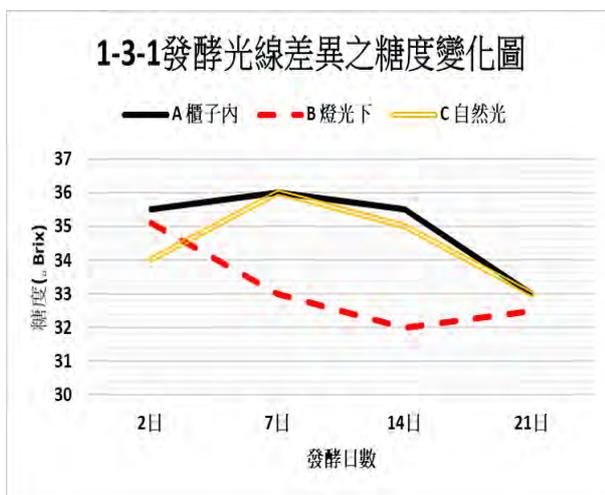
### 三、實驗發現

#### (一) 鳳梨滲出的汁液

發酵日	1hr 後	1日	2日	3日	6日
實驗樣本編號	汁液高度(cm)	汁液高度(cm)	汁液高度(cm)	汁液高度(cm)	
A 櫃子內	1.9	4.0	4.0	4.0	無冒泡
B 燈光下	2.0	4.0	4.0	4.0	冒出大量氣泡
C 自然光	1.9	4.2	4.2	4.7	無

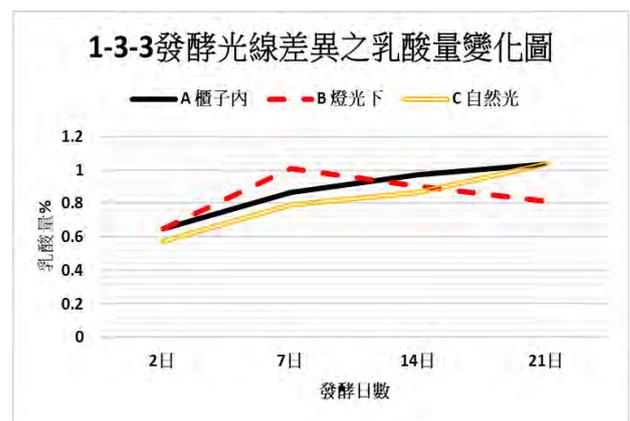
1. 光線強與弱對於滲出汁液的量幾乎差異不大，三組的汁液到發酵日 1 日都幾乎到了高峰，只有自然光於發酵 3 日還有些微的變化。
2. 燈光下的 B 組於發酵日 6 日冒出大量的泡沫，光對於發酵菌早期發酵工作應該沒甚麼影響。

#### (二) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值



1. 糖度的變化有很明顯的差異，光源下的 B 組明顯的直趨下降，而 AC 組的發展是早期先上升後下降，下降幅度一樣。光源可讓糖度消耗更加速。

2. PH 值的變化趨線有明顯的差異，BC 的曲線幅度變化一致，B 比 C 偏酸且都在發酵 14 日上到最酸，之後逐日下降。不過燈光下的 B 比 C 偏酸，而櫃子內的 A 幾乎沒甚麼起伏變化，但比 BC 組更酸。



3. PH 值的變化趨線有明顯的差異，BC 的曲線幅度變化一致，B 比 C 偏酸且都在發酵 14 日上到最酸，之後逐日下降。不過燈光下的 B 比 C 偏酸，而櫃子內的 A 幾乎沒甚麼起伏變化，但比 BC 組更酸。光源的酸鹼值變化以有光源的和沒有光源的較偏酸性，自然光(白天與黑夜幾乎一半)的卻是最酸。PH 值發展到發酵日 14 日為最高，之後逐日下降。

3. 燈光下的 B 組在第六天時冒出大量氣泡，其乳酸量也於七日達到最高峰，其餘兩組的乳酸量漸進的升高。可見光源會讓發酵速度增快，但之後乳酸量卻漸漸的下降，這之間除了光的影響還有光產生的熱源也有關係，而櫃子中的 A 組比自然光的 C 組乳酸量最高，所以乳酸菌在強光的環境中一開始活躍但在一段時間之後漸次消退，

而在光源恰到好處的與陰暗處，可以逐日活躍並且時間拉長。

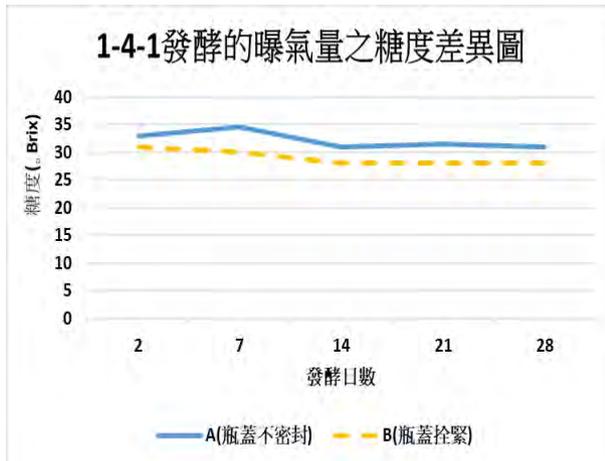
4. 光源除了有光當然也帶來熱，光與熱讓早期發酵工作(約發酵前 7 日)活躍，糖度消耗快速且乳酸量增加，而無光源的發酵糖度消耗慢，酸鹼值變化不大且偏酸性，其乳酸量逐漸升高。

#### 實驗四、空氣

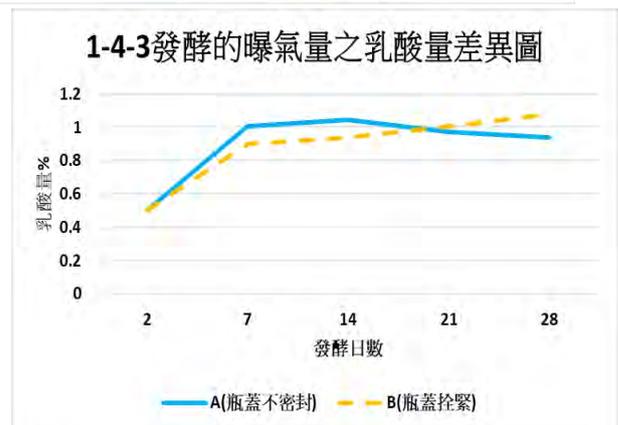
- 一、**實驗問題**：曝氣對於鳳梨豆醬的發酵是否有何影響？
- 二、**實驗設計**：設計兩組實驗皆放在發酵箱 30-35°C，一組的瓶蓋輕輕蓋上，另一組拴緊，兩組都在取樣檢測日時才開瓶蓋，兩組的製作條件與存放環境都控制一樣。製作成分如下表。

鳳梨⑧	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
A(瓶蓋不密封)	365	30	36	18	11
B(瓶蓋拴緊)	365	30	36	18	11

#### 三、**實驗發現**



- (一) 瓶蓋密封比瓶蓋不密封的糖度消滅更快。
- (二) 兩組的酸鹼值差異性不大，皆在發酵日 7-14 日時達到最酸性，之後逐漸增加。
- (三) 兩組的乳酸量比較，A 組瓶蓋不密封的乳酸量於發酵日 14 日時達高峰之後逐日下降，B 組瓶蓋密封的乳酸量逐日增加提高，於發酵日 21 日後逐漸比 A 組高。



- (四) 結論：不曝氣的發酵將讓糖度消耗更快，且乳酸量的累積是逐日上升且上升時間較長。

## 研究二 醃漬的糖和鹽在接種發酵中的角色

**研究問題**：鹽和糖這兩個醃漬的角色對於鳳梨接種菌發酵有何影響？

**研究設計**：以放入糖和鹽時間點、去糖或去鹽刪除法、以及調整糖鹽比例等三個變項進行實驗設計。

### 實驗操作

#### 實驗一 刪除

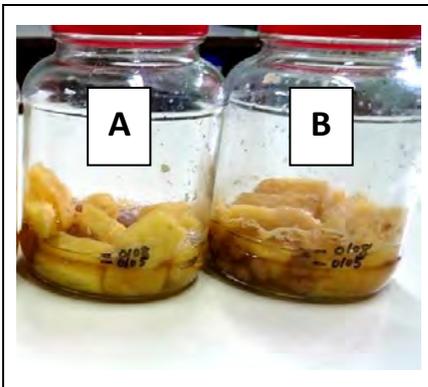
- 實驗問題**：去除糖或鹽其中一角色，對於鳳梨豆麴的發酵有何影響？
- 實驗設計**：設計兩組實驗放在自然環境中發酵，A 組只加鹽不加糖，B 組只加糖不加鹽，其餘都保持一樣的比例，製作成分如下表。

鳳梨③	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麴(g)
A 只加鹽不加糖	184	15	0	0	7
B 只加糖不加鹽	184	0	18	9	7

#### 三、實驗發現

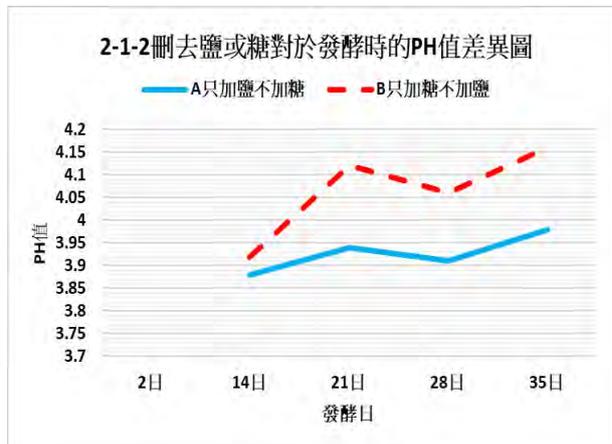
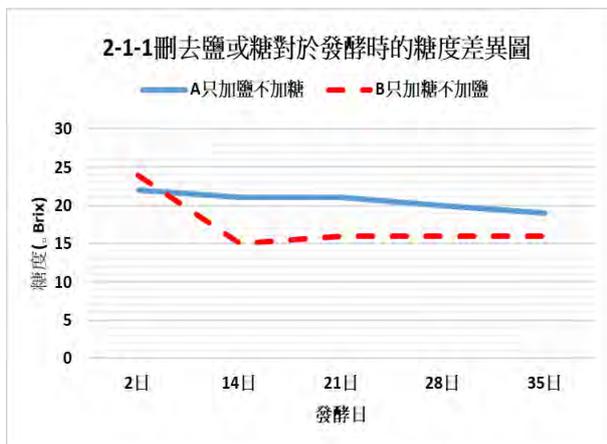
##### (一) 鳳梨滲出汁液量比較

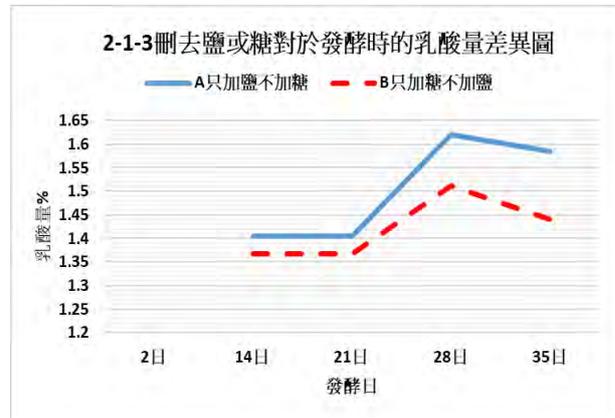
實驗樣本編號	發酵日	0日糖度(Brix)	2日糖度(Brix)	2日汁液高度(cm)	6日汁液高度(cm)	9日汁液高度(cm)
	尚未製作前					
A 只加鹽不加糖		15	22	2.5	2.8	2.8
B 只加糖不加鹽		15	24	2.4	3	3



- 縱使刪去糖的 A 組，因為鹽的加入使得它的糖度與 B 組差異不大，可見鹽可以將鳳梨汁液滲出甚至由原汁糖度 15 Brix 發酵 2 日後提升為 22 Brix。**鹽將鳳梨豆麴的發酵液變甜了。**
- AB 兩組的汁液量相差不大，兩組都到發酵 2-6 日汁液量都已經停止增加。

##### (二) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值





1. 只加鹽不加糖的 A 組溶液糖度 22° Brix 竟然比鳳梨③原液的糖度 15° Brix 高，鹽讓鳳梨滲出的溶液具有更高濃度的糖。
2. 有加鹽的 A 組糖度雖低於只加糖的 B 組，然而在糖度的耗損速度上來說，B 組的耗損速度比 A 快很多，且糖度耗損幾乎集中在發酵日 2-14 日，而發酵日 14 天之後糖度不再下降，無鹽的發酵對於糖度的耗損幾乎在前階段，故不加鹽對於發酵工作是加快的。
3. 兩組酸鹼值的發展曲線幾乎一樣，A 組比 B 組偏酸性，只加鹽比只加糖的發酵是較酸性。
4. 只加鹽的發酵乳酸量每次的測量點都高於只加糖的發酵，兩組的乳酸量也於發酵日 28 日達到高峰，故鹽不只是醃漬滲出糖度與水分的角色，也影響乳酸量與發酵速度的關鍵。乳酸量高的溶液也偏酸性，故加鹽可以滲出發酵所需的能量，並且有易乳酸的發展，但會抑制發酵速度；加糖可以提供發酵的能量並且發酵速度比只加鹽快。

## 實驗二 份量

- 一、**實驗問題**：鹽與糖的量對於鳳梨豆醬發酵是否有影響？
- 二、**實驗設計**：實驗共設計成三組，依照原先專家所提供的比例進行鹽與糖量的調整，A 組糖量減半其餘保持原比例；B 組鹽量減半其餘保持原比例；C 組糖鹽都減半其餘保持原比例。因鳳梨①量已不足作三組，故再找鳳梨⑤，鳳梨①及鳳梨⑤的基本資料以及製作成分與比例如下表：

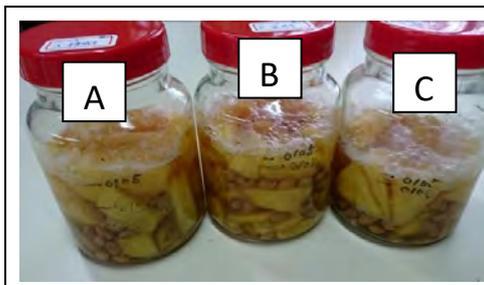
鳳梨編號	重量 g	體積 cm <sup>3</sup>	汁液 g	汁液比%	糖度 Brix	酸度(有機酸)%
①	75	70	43	57	16	0.90
⑤	79	50	35	44	16	0.97

	實驗編號	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
鳳梨①	標準比例	380	31	38	19	11
	A 糖減半	380	31	19	9	11
	B 鹽減半	380	15	38	19	11
鳳梨⑤	C 糖鹽減半	330	14	16	8	10

## 三、**實驗發現**

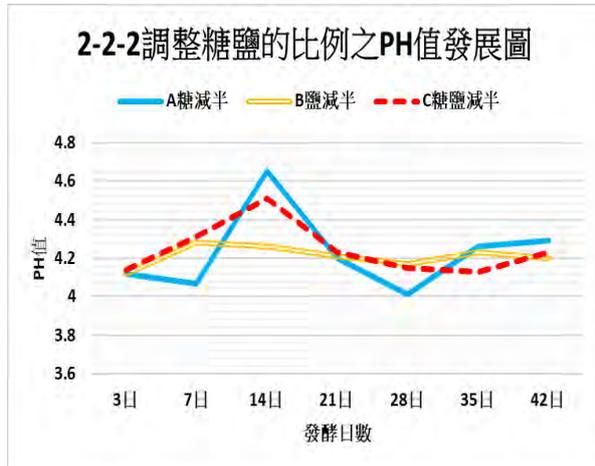
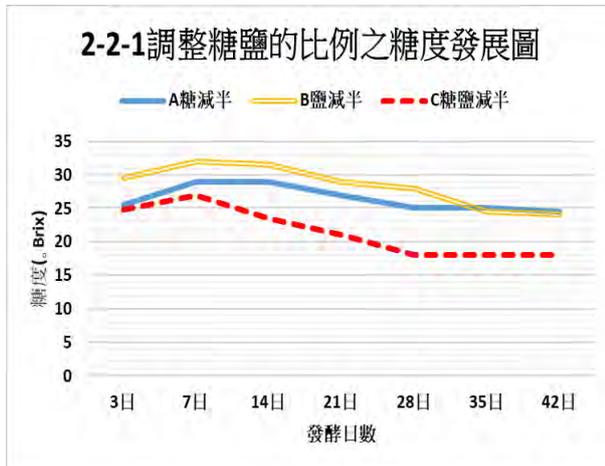
### (一) 瓶內冒泡

發酵日	A 糖減半	B 鹽減半	C 糖鹽減半
6 日	無冒泡	無冒泡	無冒泡
7 日	無冒泡	出現大量汽泡	出現大量汽泡
8 日	有冒出少量泡	有冒出少量泡	冒出大量泡

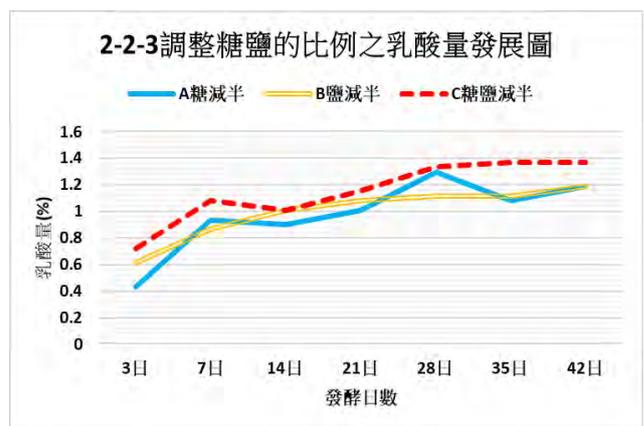


發酵日 7 日，A 無冒泡 BC 都有冒出大量泡泡，而 BC 共同點是都鹽減半，若以冒泡程度來證明發酵的狀況，那麼鹽量減低會造成更多冒泡現象，那麼鹽量減低就是讓發酵速度更快。

## (二) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值



- AC 組的糖量比例相同，鹽比例不同，使用的鳳梨糖度都是 16 Brix，一開始發酵日 3 日測得的糖度幾乎一樣，然而之後的發酵歷程含鹽量兩倍高的 A 組的糖度比 C 組高，代表鹽量高會將鳳梨糖度滲出，故測得的糖度高於含鹽量只有一半的 C 組；C 組的消耗的糖度比 A 組快，也證明鹽度低對於發酵速度較快。



- BC 組的鹽量比例相同，糖的比例不同，使用的鳳梨糖度都是 16 Brix，所測得的糖度 B 皆大於 C 組，其餘沒甚麼明顯差異，糖的多寡不會影響發酵歷程。
- AB 組中，即使 A 組糖減半，兩組的糖度發展都是在第 7-14 天達到高峰，之後逐日下降，且最有趣的是到第 42 日兩組的糖度幾乎一樣，這樣的結果顯示糖或鹽減量一半，其發酵過程所消耗糖度的量雖有快慢，但最後仍然一致，而糖量減一半的 A 組，不因減低糖的比例而影響發酵液的最終糖度，可能因為 A 組比 B 組的鹽量多了一半而將鳳梨內的糖度滲出發酵液中，A 組也幾乎在發酵 28 日時停止糖度的消耗，而 B 組糖度至 35 日仍在減低中，所以製作鳳梨豆醬若將糖量減一半量並不會影響最後的糖度，而鹽量減一半可以拉長糖度的耗損時間，發酵時間更持久。乳酸量的變化，以減鹽的 B 組發展速度比 A 組快，到發酵 42 日時都一致。所以製作鳳梨豆醬並非靠鹽或糖的量多才可發酵，時間一拉長來看雖會影響發酵速度，但最終的發酵仍趨於一致。

- ABC 三組的乳酸量皆持續增量，到發酵日 28 日幾乎達到高峰，以 C 組的**乳酸量**最高，或許與使用的鳳梨⑤酸度較高有關，與減少使用鹽量也有關，因為減一半鹽量的 B 組比 A 組的乳酸量發展一開始也較高。所以糖鹽都減半的 C 組產生的**乳酸量**是最高。
- 鹽與糖的角色在這個實驗中可以證明，糖的多寡沒有影響發酵作用，而減低鹽量會促發糖度的耗損與增快發酵速度。為了健康就可以使用低糖與低鹽的製作方法。

### 實驗三 時間

- 實驗問題**：鹽和糖這兩個醃漬的角色加入發酵的時間點對於鳳梨發酵有何影響？
- 實驗設計**：本次實驗分成兩組放在室溫下，一組於發酵日 7 日加入糖與鹽，另一組於發酵日 14 日加入糖與鹽。這兩組發酵環境與原料比例都保持一樣，成分比例如下表：

鳳梨③	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
A 發酵 7 日後加鹽糖	184	15	18	9	7
B 發酵 14 日後加鹽糖	184	15	18	9	7

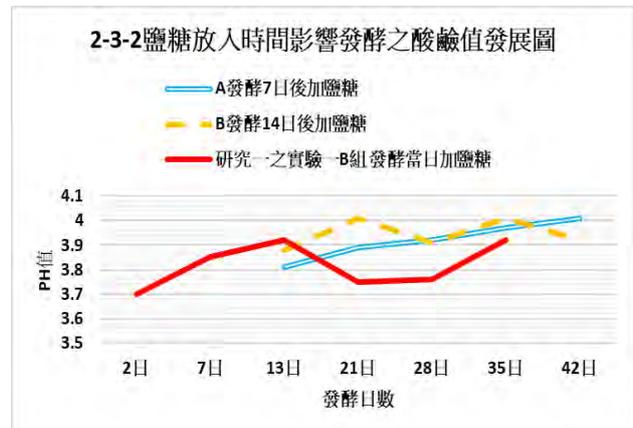
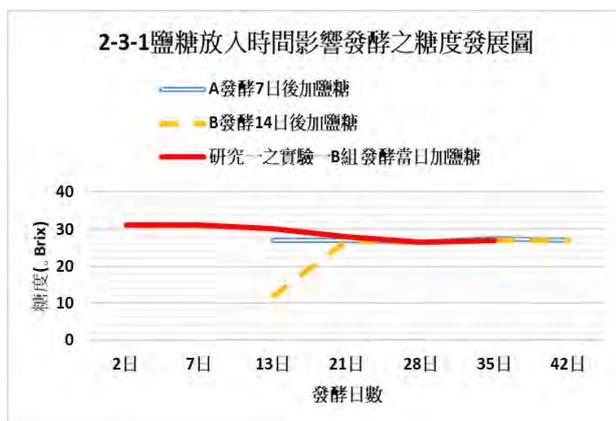
### 三、實驗發現

#### (一)鳳梨滲出汁液量比較

發酵日	2 日糖度 (Brix)	2 日汁液高度(cm)	6 日汁液高度(cm)	9 日汁液高度(cm)
實驗樣本編號				
A 發酵 7 日後加鹽糖	12	1.2	2.6	2.6 沒冒泡
B 發酵 14 日後加鹽糖	12	1.9	2.7	2.7 沒冒泡

		<p>發酵日 6 日時尚未加鹽糖的鳳梨豆醬仍有汁液滲出，而 A 組發酵日 9 日已經加入鹽糖 2 日，其汁液高度仍與無加鹽糖時的高度一樣，顯示後來再加鹽糖對於鳳梨汁液滲出已無影響，而且 9 日後的 AB 無冒泡且鳳梨無滲出，整個發酵工作目測來都無再進展。</p>
發酵日 2 日	發酵日 42 日	

#### (二) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值

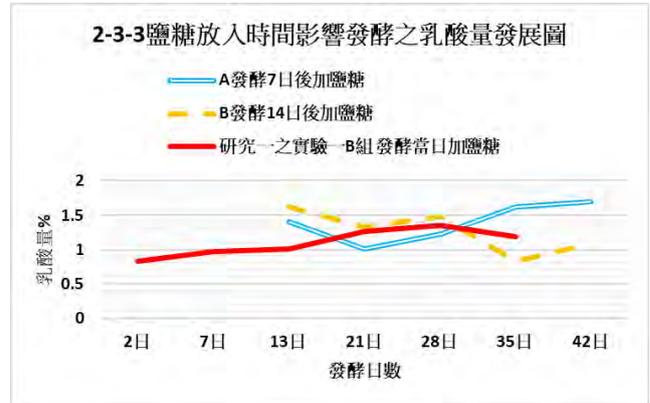


1. 未加鹽與糖時，發酵 3 日後的鳳梨豆醬糖度在 12° Brix，比鳳梨③原先的糖度 15° Brix 還低，代表這 3 日的鳳梨加豆麴的發酵消耗鳳梨本身的糖度，鳳梨豆醬不需依靠糖與鹽也可以自行發酵。

2. 加入鹽與糖的 A 組與未加鹽糖的 B 組 13 日後，A 組的糖度為 27° Brix，B

組的糖度仍為 12° Brix。這樣的結果顯示出經由糖與鹽的加入提高鳳梨豆醬醬汁的糖度，而未加鹽糖的 B 組糖度仍維持在 12° Brix，代表 13 日後未加鹽糖的鳳梨豆醬糖度仍是維持一樣，是發酵已經停止了嗎？而實驗 A 組的糖度從 13 日的 27° Brix 到 42 日仍幾乎保持在 27° Brix，發酵工作幾乎停止消耗糖度。而 B 組自 14 日起加入鹽糖，測得 21 日自 42 日起的糖度也與 A 組一樣都停留在 27° Brix，代表兩組在發酵工作中的糖度損耗早在發酵 7 日前已經停止，7 日或 14 日加糖和鹽對其發酵運作無影響，只是把鳳梨的糖度帶出或添加汁液糖度，延後加鹽糖對於鳳梨豆麴發酵沒甚麼幫助。若參考研究一之實驗一 B 組的實驗數據(放置的環境與成分比例都一樣，只是鳳梨不同類)，探討發酵歷程的糖度比較，到發酵日 35 日糖度仍然繼續下降，顯示發酵工作可以持續到 35 日，所以加鹽與糖可以將鳳梨汁液滲透出來，並且加入的時間點會影響鳳梨豆醬的發酵持續時間，鹽與糖不會抑制豆麴的發展。

3. A 組乳酸量自發酵日 13 日測得後逐漸降低而到發酵日 21 日後又逐漸升高；B 組的乳酸量在加鹽糖之前一日測得的乳酸量最高，而自從加了鹽糖之後，乳酸量逐日降低，與研究一之實驗一 ABC 三組逐日升高(於發酵日 28 日達高峰後又逐次下降)有很大不同。顯示加鹽糖不抑制豆麴發酵工作，而加入的時間點會影響發酵的持續時間。



### 研究三 變革鳳梨豆醬的製作探究

**研究問題**：怎讓鳳梨豆醬更健康美味，並且可以在接種發酵中產生更多不同風味？

**研究設計**：

一、去除醃漬的糖與鹽角色，並且考量不讓敗相菌入侵，於是我們採用高溫及米酒殺菌方式再接種的方法製作。

二、為了探討肉質不同的鳳梨製作鳳梨豆醬的情形，我們使用三種等級的鳳梨肉質製作鳳梨豆醬。

三、依據上述的實驗結果，我們製作三組鳳梨豆醬進行品評調查。

**實驗操作**：

**實驗一 去除醃漬角色的變革製作方法**

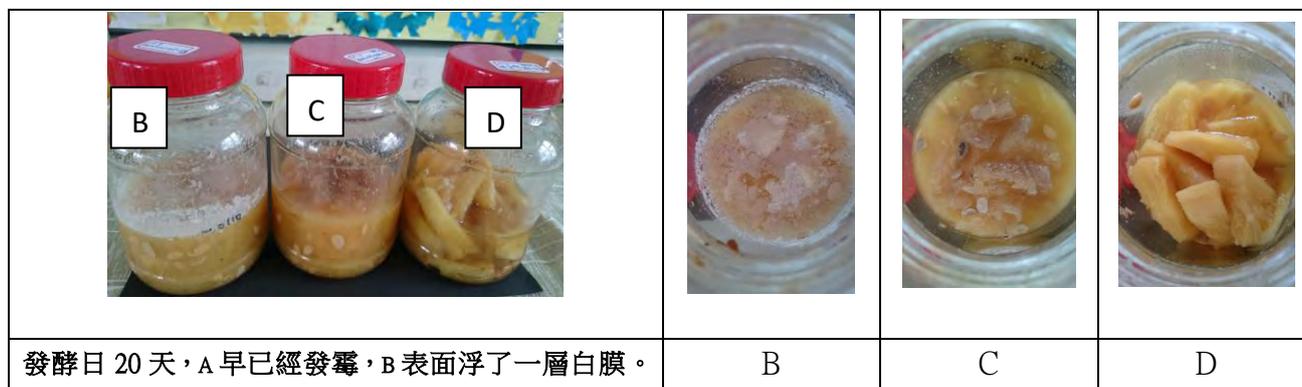
一、**實驗問題**：

若將醃漬角色~糖鹽刪除之後，採用高溫及酒精殺菌法後再接種發酵，這樣的製作方法是否會影響發酵呢？又醃漬且重壓後去鹽水的接種發酵是否有何不同？

二、**實驗設計**：以四種不同方法製作鳳梨豆醬，嘗試刪去醃漬的鹽與糖角色，並以煮沸殺菌、沖泡熱水滅菌、搗碎榨汁並加米酒滅菌、以及古法中醃漬重壓後再接種等四種方法製作鳳梨豆醬並放入 30-35°C 發酵箱中。製作方式及配方如下表。

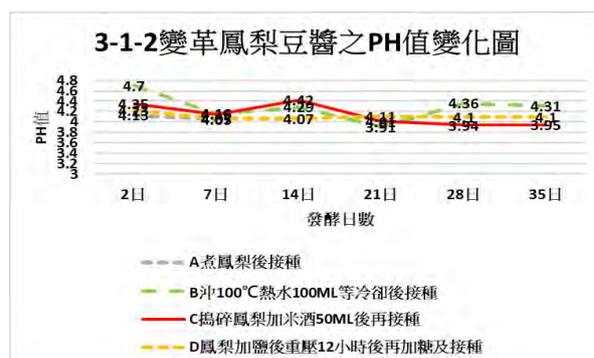
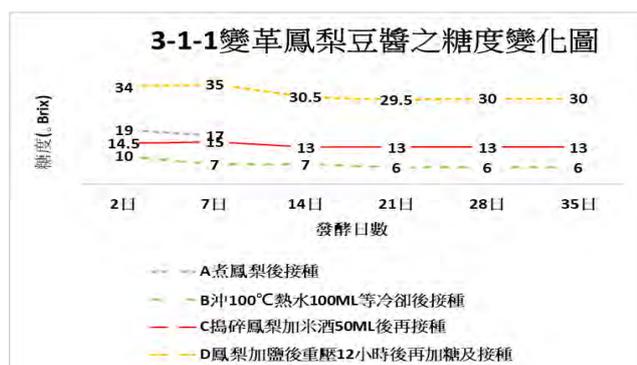
編號	A	B	C	D
作法	煮鳳梨後接種。加水 100g 加熱到 89°C 再也無法升高。	沖 100°C 熱水 100ML 等冷卻後接種	搗碎鳳梨加米酒 50ML 後再接種	鳳梨加鹽後重壓 12 小時後再接種及加糖

	實驗編號	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)	其他
	標準比例	380	31	38	19	11	
鳳梨 ⑥	A	365	0	0	0	11	
	B	365	0	0	0	11	水 100g
鳳梨 ⑦	C	395	0	0	0	12	米酒 50g
	D	395	33	39.5	20	12	



發酵日 20 天，A 早已經發霉，B 表面浮了一層白膜。

### 三、**實驗發現**





(一) 使用鳳梨⑥和⑦分別製作 AB 和 CD 四組，兩支鳳梨的糖度都是 15° Brix。ABC 組都未加鹽與糖，製作方法雖不同，以 A 組煮過後的鳳梨豆醬液糖度最高，因鳳梨內的水分加熱後消失，剩下的糖度相對較高；B 組沖入熱水的糖度最低，因為水稀釋糖度；C 組搗碎鳳梨的汁液發酵後汁液與原先的鳳梨汁液

糖度幾乎一樣。不再加糖的發酵，其汁液中的糖度都來自鳳梨本身，在發酵的過程中糖度的耗損都在發酵日 14 日之前，之後變化不大。

(二) A 組到發酵日 8 日表面就開始長一層青黃色的黴菌。B 組到發酵日 2-7 日時糖度漸漸往下降，到 14-21 日停滯。PH 值至 21 日降到最低，乳酸量到 14-21 日為最高點，綜合以上發酵工作在 14-21 日達到高點。C 組的糖度到發酵 7-14 日之後才往下降，且大約 14 日停滯，PH 值到 28 日降到最低，乳酸量也到 28 日達到最高，綜合以上發酵工作到 28 日達到高點。D 組因依照比例加入鹽與糖，所以糖度在四組中最高，並於 7-14 日之間糖度下降幅度最大，14-21 日之間停止下降。PH 值至 7 日降到最低，乳酸量到 21 日為最高點，綜合以上發酵工作達到最高點應在發酵日 21 日。綜合以上的實驗結果，顯現這四種方法都有損耗糖度，這四種方法都有發酵現象。

## 實驗二 不同肉質的鳳梨豆醬

一、**實驗問題**：肉聲果、鼓聲果、柱聲果這三種不同肉質的鳳梨所製作出的鳳梨豆醬，在醃漬與接種發酵後有何差異？

二、**實驗設計**：挑選三種不同肉質的鳳梨並以半糖半鹽方式放在 30-35°C 的發酵箱中接種發酵，挑選的鳳梨採樣資料及製作成分比例如下表。

### (一) 鳳梨肉質的聲頻檢測

鳳梨專家表示一區域的鳳梨田可能只有 1-2 支肉聲果及柱聲果，大多是鼓聲果(之前的實驗都是用鼓聲果)，有找到時才通知我們。我們等了兩週之後才收到這兩支難能可貴的鳳梨。先請鳳梨專家挑選三種不同肉質的鳳梨，再使用 pitchlab App 音頻測量軟體，並請敲擊力道最平穩的組員進行數次的手指彈擊平穩度的測試，最後正式測量記錄五筆資料，測得的數據如上表，再檢測這三顆鳳梨的糖度、酸度以及汁液比，發現不同肉質的差異性。

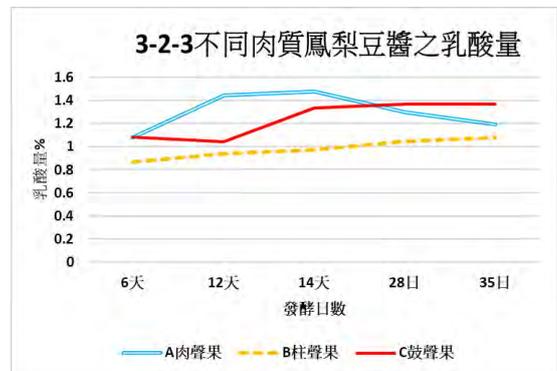
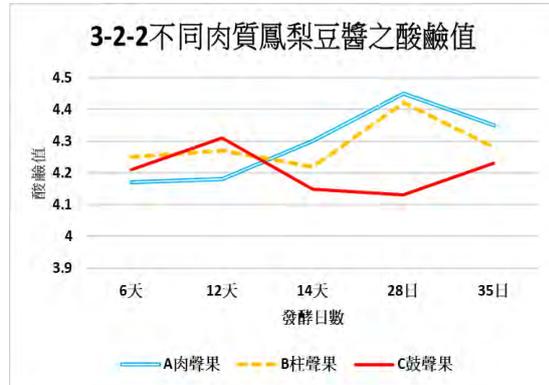
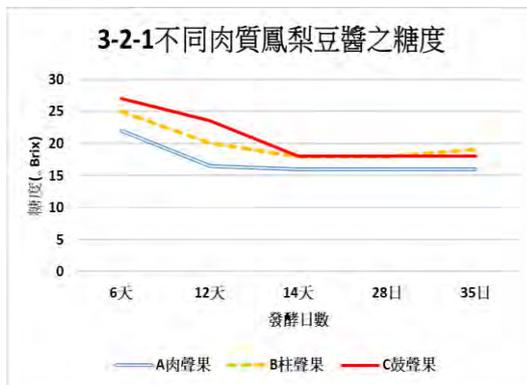
種類(專家判斷)		肉聲果 A	柱聲果 B	鼓聲果 C
糖度 Brix%		13	14	16
酸度(有機酸)%		0.77	0.72	0.97
汁液比%		62	57	44
敲擊音頻(HZ) (Pitchlab App 音頻測量軟體)	第 1 次	123.3	130.2	146.8
	第 2 次	123.5	138	130.4
	第 3 次	123.0	139	146.0
	第 4 次	123.0	128	147.8
	第 5 次	123.5	130.6	147.8
	平均	123.26	133.16	143.76

1. 肉聲果含水量最多，鼓聲果含水量最低。
2. 鼓聲果的酸度與糖度最高，肉聲果的糖度最低，肉聲果與柱聲果這兩顆酸度差不多一樣。
3. 用手彈擊鳳梨的中段肚肉測音頻，肉聲果音頻最低，鼓聲果音頻最高，這與他們含水量是成反比的。

(二) 製作成分及比例

	實驗編號	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
	標準比例	380	31	38	19	11
鳳梨⑨	A 肉聲果	530	22	26	13	16
鳳梨⑩	B 柱聲果	410	17	20	10	12
鳳梨⑤	C 鼓聲果	330	14	16	8	11

三、實驗發現



(一) 糖度最低的 A 肉聲果，乳酸量的發展一開始都高於 B 和 C，而在 14 天之後乳酸量卻逐漸下降，B 和 C 卻逐漸升高。

(二) 乳酸量變化是否可以看出使用含水量最高的鳳梨來製作鳳梨豆醬所產生的乳酸量發展最快，但也最早下降？

(三) 三者的發酵歷程沒有太大的差別，只是醬汁的出水量以 A 組最多，B 組其次，C 最少。

## 研究四 鳳梨豆醬成品品評

### 一、研究對象

依照研究一、二、三實驗發現，以糖度、酸鹼值及乳酸量發展具代表性的編號 1 及編號 2，並採用實驗發現---在室溫下、無光線中以及減鹽糖一半(約糖 6%鹽 3%)且馬上加入瓶中、鳳梨豆醬密閉不開封的方式)製造鳳梨豆醬的編號 4，進行編號 4 與編號 3 (關廟區一般民眾製作方式) 差異性比較。

編號	製作方法	鹽糖比例	發酵日	備註
1	加鹽壓製後再加糖和接種 (30-35°C 發酵箱)	鹽 6.6% 糖 12%	87 日	原 3-1-D
2	半鹽半糖接種 (室溫)	鹽 3.7% 糖 6.3%	79 日	原 2-2-C
3	原比例放在室內下陰涼處 (室溫)	鹽 6.4% 糖 11.8%	45 日	新製
4	半鹽壓製後再加半糖後接種發酵放入陰暗櫃子中 (室溫)	鹽 3.5% 糖 6.4%	45 日	新製

### 二、品評內容：

品評分成兩大項，一項是市場的接受度測試，以編號 1、2、3、4 四組同時測試，測試對象是對鳳梨豆醬沒有特別認識的人，共計 10 位；另一項是差異性測試，試驗製作方式的差異以及發酵時間的差異性，共計 10 位。

差異性測試設計是編號 3 與編號 4 進行差異性測試，另一組以編號 4 (室溫，45 天) 與編號 1 (30-35°C，87 天) 進行差異性比較。以鹽糖比例、光線差異和發酵時間差異進行測試，測試對象以對鳳梨豆醬熟悉度高且經過向其說明測試項目，並依照測試項目的程度給予 54321 等級的分數進行統計，差異性研究設計如下表。

實驗差異項目	製作方法(光線、鹽糖量、壓製)		發酵時間	
	有光線、鹽糖原比例	無光線、半鹽糖、壓製	45 日	87 日
實驗組別	編號 3	編號 4	編號 4	編號 1

### 三、測試結果

#### (一) 市場接受度

	氣味	酸味	甜味	鹽味	回甘	整體
編號 1	24	16	16	18	16	14
編號 2	24	24	24	20	22	24
編號 3	22	30	26	32	24	28
編號 4	24	30	26	30	38	34

以最喜歡、喜歡、還好、最不喜歡四個選項依次給予 4、3、2、1 分，統計出四瓶的氣味都差不多；酸味的接受度以編號 3、4 最高，編號 1 最低；甜味的接受度以編號 3、4 最高，編號 1 最低；鹽味以編號 3、4 接受度最高；回甘味以編號 4 接受度最佳編號 1 接受度最差。整體接受度以編號 4 最佳，而編號 4 的各項接受度都是最佳。

## (二) 差異性測試

### 1. 製作方式不同

	製作方法	外觀	氣味	酸味	甜味	回甘味	整體接受度
編號 3	有光線、鹽糖原比例	37	32	29	19	21	33
編號 4	無光線、半鹽糖、壓製	38	36	25	25	21	34

編號 4 的各個項目皆與編號 3 有差異，其中最有趣的差異就是甜味與酸味，放置陰暗處發酵且糖鹽都減半的編號 4，其甜度品評測試竟然高於編號 3，而酸味品評比編號 3 低，顯示無光線、半鹽糖、壓製的製作方法以及半糖鹽的量也可以讓鳳梨豆醬的風味更好，整體接受度也高於有光線、鹽糖原比例所製作的鳳梨豆醬。

### 2. 發酵日數長短之差異

	發酵日數	外觀	氣味	酸味	甜味	回甘味	整體接受度
編號 1	87 日	21	28	29	23	25	35
編號 4	45 日	38	36	25	25	21	34

由上表中可以看出發酵日數少的編號 4 的酸味比編號 1 還酸，甜味比編號 1 甜，而回甘味編號 1 高於編號 4，由此推論發酵日數越多的鳳梨豆醬，所累積的酸味高、甜味降低，而卻醞釀較高的回甘味。

## 陸、討論

### 一、鳳梨豆醬發酵的糖度、酸鹼值與乳酸量發展曲線

- (一) 糖度發展探討：醃漬與接種發酵的歷程中糖度的發展是逐日下降，若在高溫有光線且密封環境下，糖度的下降曲線幅度最大，如圖 1-1-1、1-3-1 及 1-4-1；而在 0-5°C 環境中是先上升後下降到發酵日 14 日之後就逐漸上升，如圖 1-1-1，若將醃漬物放入冰箱中發酵會較偏甜。又醃漬角色鹽與糖同時減量時，下降曲線更大。不加鹽的接種發酵糖度下降曲線都集中在前階段(發酵日 14 日前)，如圖 2-1-1 及 3-1-1，故不加鹽對於糖度降低是加快的。
- (二) 酸鹼值發展探討：醃漬與接種發酵的 PH 值發展以紀錄發酵歷程約 35 日以內紀錄來看，是先上升後下降之後又再上升，最低點在 21-28 日，溫度越低的發酵，PH 值變化曲度較大；鹽量大時會讓發酵工作的 PH 值偏酸，如圖 2-1-2 及 2-2-2。陰暗處、高溫、密封發酵環境會讓醃漬物偏酸，如圖 1-1-2、1-3-2、1-4-2。
- (三) 乳酸量探討：乳酸量的發展在觀測紀錄 35 日來看都是逐日上升，即使低溫 0-5°C 也都是如此。在曝光環境下乳酸量發展速度很快，集中在前 7 日之後逐日下降，除了光的影響還有光產生的熱源也有關係，陰暗處比自然光的乳酸量高，如圖 1-3-3。所以乳酸菌在強光的環境中一開始活躍，但在一段時間之後漸次消退，而在光源恰到好處與陰暗處，可以逐日活躍並且時間拉長；不曝氣的發酵讓乳酸量的累積是逐日上升且持續時間長。

### 二、醃漬角色的量與接種發酵

- (一) 高鹽量會將鳳梨糖度滲出更多，鹽將鳳梨豆麴的發酵液變甜了。只加鹽比只加糖的發酵是較酸性。只加鹽的發酵乳酸量每次的測量點都高於只加糖的發酵，兩組的乳酸量也於發酵日 28 日達到高峰，故醃漬的鹽不只是醃漬滲出糖度與水分的角色，也影響乳酸量與發酵速度的關鍵。乳酸量高的溶液也偏酸性，故加鹽可以滲出發酵所需的能量---糖，並且有易乳酸的發展，但會抑制發酵速度；加糖可以提供發酵的能量並且發酵速度比只加鹽快。
- (二) 糖的多寡不會影響發酵歷程。在研究二-2 實驗結果顯示糖或鹽減量一半，發酵過程所消耗糖度的量雖有快慢，但最後仍然一致，而糖量減一半的 A 組，不因減低糖的比例而影響發酵液的最終糖度，實驗結果顯示是因 A 組比 B 組的鹽量多了一半而將鳳梨內的糖度滲出發酵液中，A 組也幾乎在發酵 28 日時停止糖度的消耗，而 B 組糖度至 35 日仍在減低中。所以製作鳳梨豆醬若將糖量減一半量並不會影響最後的糖度，而鹽量減一半可以拉長糖度的耗損時間。以乳酸量的變化來看如圖 2-2-3，以減鹽的 B 組發展速度比 A 組快，到發酵 42 日時都一致。所以製作鳳梨豆醬並非靠鹽或糖的量多才可發酵，時間一拉長來看雖會影響發酵速度，但最終的發酵仍趨於一致。
- (三) 糖鹽都減半的研究二-2-C 組產生的乳酸量是最高。鹽與糖的角色在這個實驗中可以證明，糖的多寡沒有影響發酵作用，而減低鹽量會促發糖度的耗損與增快發酵速度。為了健康就可以使用低糖與低鹽的製作方法。
- (四) 無醃漬角色的實驗討論：從研究 2-3 實驗結果來看，後來再加鹽糖對於鳳梨汁液滲出已無影響，而且 9 日後的 A、B 組無冒泡且鳳梨汁液無滲出，兩組在發酵工作中的糖度損耗早在發酵 7 日前已經停止，7 日或 14 日加糖和鹽對其發酵運作無影響，整個發酵工作

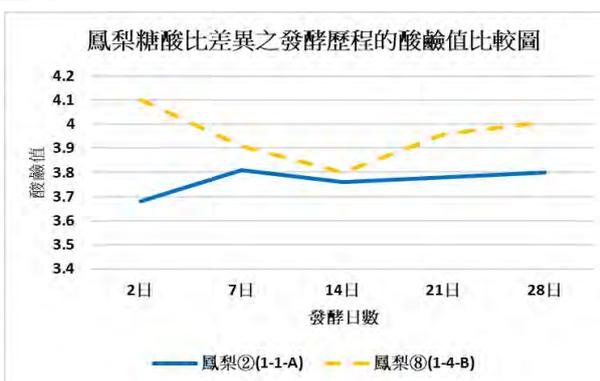
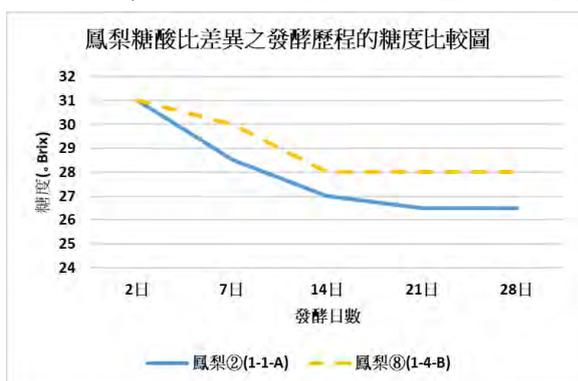
目測來都無再任何發展。這個實驗的「鳳梨加豆麴」的發酵，消耗鳳梨本身的糖度，鳳梨豆醬不需依靠糖與鹽也可以自行發酵，只是把鳳梨的糖度帶出或添加汁液糖度。延後加鹽、糖對於鳳梨豆麴發酵沒甚麼幫助。加鹽與糖可以將鳳梨汁液滲透出來，鹽與糖不會抑制發酵的發展，並且加入的時間點會影響鳳梨豆醬的發酵持續時間。**實驗結論是一開始就加鹽糖不會抑制豆麴發酵工作，而會延長發酵時間。**

三、醃漬與接種發酵中的發霉現象，並非單純出因於「水」，在加入水的醃漬發酵實驗中並未看見鳳梨豆醬有發霉的現象，而在進行的實驗中也都避免碰水與高溫消毒後，有些實驗組仍有發霉的現象，實驗結果與民間所談的製作鳳梨豆醬的忌諱~碰到水，是相違背的，實驗結論可以驗證並非單純因為水讓鳳梨豆醬發霉。

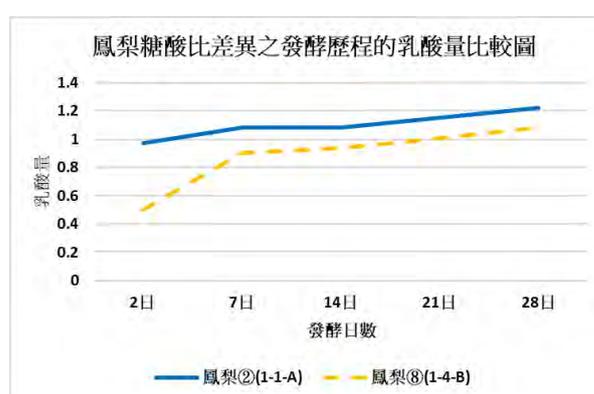
#### 四、鳳梨本身的條件探討

##### (一) 糖酸比不同的鳳梨

依據本次實驗所使用的鳳梨①-⑩挑選糖酸比最低②④與最高⑥⑧，又再比較其實驗設計最相近的鳳梨②與⑧，進行不同條件的鳳梨發酵歷程之比較與探討，兩組實驗分別是實驗 1-1-A 及 1-4-B，兩組的發酵環境皆在發酵箱內，且包裹鋁箔紙以及密封發酵(只有檢測日才打開)，所測得的糖度酸鹼值以及乳酸量比較圖如下。



1. 發酵歷程中糖酸比低的鳳梨②的糖度耗損比糖酸比高的鳳梨⑧還要明顯，且降低幅度大。糖酸比低的鳳梨②發酵歷程中的酸鹼值發展皆比鳳梨⑧偏酸，兩者皆在發酵日 14 日的 PH 值到達最低點。糖酸比低的鳳梨②所產生的乳酸量皆高於鳳梨⑧。
2. 依據市面上鳳梨口感較佳的是指糖酸比高的鳳梨，然而選用糖酸比低的鳳梨來製作鳳梨豆醬，依據以上的實驗結果其發酵歷程與作用是比糖酸比高的鳳梨還要好。



##### (二) 肉質不同的鳳梨

1. 依據實驗 3-2 結果，糖度最低的肉聲果，乳酸量的發展一開始都高於柱聲和鼓聲果，而肉聲果在 14 天之後乳酸量卻逐漸下降，另外兩種卻逐漸升高。所以含水量最高的肉聲果鳳梨來製作鳳梨豆醬，乳酸量發展最快，但也最早下降。

2. 肉質不同的鳳梨，三者的發酵歷程沒有太大的差別，只是醬汁的出水量以肉聲果最多，柱聲果其次，鼓聲果最少。

## 五、變革傳統製作方法

- (一)糖鹽比例減半的製作：以研究一-3-C 糖鹽比例約 12%、6%和研究二-2-C 糖鹽比例約 6%、3%的實驗結果討論，兩個實驗皆以鳳梨⑤為材料，且都放在室溫自然光下發酵，發酵日 21 日發現研究一-3-C 糖度由 36 Brix 降到 33 Brix、乳酸量從 0.576%升高到 1.035%；研究二-2-C 糖度由 27 Brix 降到 21 Brix、乳酸量從 0.72%升高到 1.152%。顯然鹽糖減半的製作方式讓發酵速度加快且提升乳酸量，減鹽減糖的健康製作方式不影響發酵，且有更好的發展結果。
- (二)常溫、陰暗及密封的製作：探討研究一實驗結果，發現常溫下發酵的糖度及乳酸量累積是持續且漸次發展，發酵箱 30-35°C 的糖度是快速下降、乳酸量累積比常溫下的低；而陰暗櫃子內鳳梨豆醬的乳酸量 1.035%、燈光下 0.81%，及室內自然光 1.035%，仍可看出鳳梨豆醬在陰暗處累積的乳酸量較高；而密封 28 日的乳酸量 1.08%、不密封 28 日的乳酸量 0.936%，密封方式的製作方法較易累積乳酸量。
- (三)鹽糖減半、陰暗及壓製方法的製作：從研究四品評結果發現，從市場接受度來看，變革製法的鹽糖減半、陰暗及壓製的鳳梨豆醬 34 分(滿分 40)、傳統製法的鹽糖原比例放在室內陰涼處 28 分(滿分 40)、傳統製法的半鹽半糖 24 分(滿分 40)、傳統的鹽糖原比例加壓製放 30-35°C 處且有光的發酵箱中發酵 14 分(滿分 40)，以變革製法的鹽糖減半、陰暗及壓製的鳳梨豆醬 34 分(滿分 40)最高。在差異性測試中，變革製法的鹽糖減半、陰暗及壓製的鳳梨豆醬的外觀、氣味、甜味及整體接受度高於傳統製法鹽糖原比例放在室內陰涼處。
- (四)綜合以上，鳳梨豆醬的發酵熟成是偏好在常溫陰暗且厭氧的環境中，而減糖減鹽比例比傳統高鹽糖比例發酵情況更佳，且這種變革的鹽糖減半、陰暗及壓製的製作方法讓鳳梨豆醬更健康美味。

## 【評語】 082913

1. 不斷測試改良自製發酵箱，深具科學精神。
2. 探討家鄉特產之製作，改良製法以提升糖度消耗與乳酸量，製作健康又美味的家鄉味。
3. 在不同的環境條件，不宜進行實驗結果的比較。

# 摘要

查訪坊間傳統製作鳳梨豆醬經驗，以鳳梨：鹽：糖：冰糖：豆麴=10：0.8：1：0.5：0.33比例製作，探討醃漬加上接種發酵的**發酵環境**、**糖與鹽的功能**、**變革坊間傳統製法**以及**鳳梨肉質和糖酸比**，討論發酵歷程的**糖度**、**酸鹼值及乳酸量**發展。發現常溫、陰暗、壓製、密閉的發酵環境，以及鹽從6%減至3%、糖從12%減至6%的半糖半鹽變革製作方法，糖度消耗比傳統製法高(發酵21日傳統方法耗損3°Brix、變革方法6°Brix)、乳酸累積量也比傳方製法多(發酵21日傳統方法乳酸量1.035%、變革方法1.152%)，而品評結果也顯示變革方式勝於傳統製法，這種變革的**鹽糖減半**、**陰暗**及**壓製**的製作方法讓鳳梨豆醬更健康美味。

## 研究動機

關廟是我們的家鄉，在這裡一年四季都有生產鳳梨，尤其在3-5月份是鳳梨的盛產季，盛產季節許多遊客會來到我們這裡購買或宅配鳳梨，並參加「台南鳳梨好筍季」活動享受鳳梨與竹筍的各式佳餚與挑選好吃的鳳梨比賽，這個季節除了炙熱的溫度之外，大街小巷都是擺著一籠籠橙黃綠的鳳梨，然而在鳳梨攤位旁有一處就會擺著一罐罐不起眼的玻璃罐，裡面裝著鳳梨與豆子。

我們這群研究者的家人都有習慣製作那一罐罐的家鄉味，而且我們之中也有阿公阿媽擁有一大片的鳳梨園，在鳳梨盛產季時除了銷售美味的鳳梨之外，也將閒餘的農產品手作成這一罐罐的「鳳梨豆子」，他們說這就是可以延長保存又可醞釀神奇的家鄉味。

這讓我們也很好奇究竟是什麼精靈在工作，我們都問家人，大多數的答案都是什麼東西加在一起...然後就變成...，我們也會再問那究竟是要加多少...，大部分的答案就是「菜市場就有一包包配好的材料」...ㄟ.....。在我們參加這個科學研究之前，這些模糊答案早已存在我們這幾個人的心中，但不知這個「家鄉味」究竟是怎麼來的？

我們知道這個家鄉味的學問不只在於主角配角是誰，而是想要探討出這些角色的功能，以及如同劉老師給我們的勉勵~要挑戰傳統中的「不知」，以及試圖讓這些「不知」變成「知識」，甚至嘗試做出更健康更美味的創「家鄉味」。而在「自然與生活科技領域」的生鏽與防腐這個單元也談到食物的防腐，運用醃漬或發酵讓食物更美味及延長保存期限，與我們想要探討的主題不謀而合，藉由這個研究可以更深入探討醃漬與微生物對食物的作用。

## 研究目的

- 一、家中鳳梨豆醬都擺放在不起眼的位置，常常是角落或者光線較弱的地方，為了瞭解鳳梨豆醬生長的环境，我們進行不同的實驗設計，探討光線、溫度以及曝氣和發霉條件。
- 二、當醃漬角色~糖、鹽遇見豆麴接種時究竟發揮甚麼功能？使用刪去法或刪減法探討這些醃漬角色功能，究竟對鳳梨豆麴發酵有何種影響。
- 三、運用目的一二的實驗結果，嘗試不同的鳳梨豆醬作法，減少不必要的鹽與糖，找出更美味健康的創新做法。
- 四、研討同品種不同肉質、不同含水量、不同糖酸比所製作出鳳梨豆醬的發酵差別。

## 研究歷程與方法

### 採樣~遵守實驗樣本的一致

鳳梨的自然屬性都有差異，所以我們在採樣實驗時都從整枝鳳梨的頭到尾進行縱向切塊，因為頭甜尾酸的特性恐怕會影響測量數據。



縱向切塊，包括鳳梨心 | 縱向切塊後再橫切成小塊狀 | 將扇形塊狀鳳梨放入瓶中

### 糖度檢測



使用蒸餾水校正糖度計 | 使用滴管取樣滴在糖度計上測量

### 酸鹼值檢測



1. PH檢測筆進行兩點校正。
2. 從鳳梨豆醬中取出10g發酵液，用蒸餾水稀釋到100CC，使用酸鹼指示筆檢測酸鹼值。
3. 以蒸餾水清洗並拭乾PH檢測筆。

### 可滴定酸測定



取樣10g加蒸餾水定到100ml | 攪拌均勻後取出25ml | 以0.1N NaOH標準溶液滴定 | 加入酚酞後滴定到變成淡粉紅色並記錄滴定量

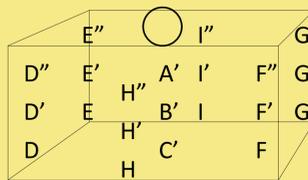
### 製作發酵箱

#### 第一代發酵箱



初步了解箱子大小與燈泡瓦數的關係。我們決定用60W燈泡並且加大發酵箱容量，才可以放置更多瓶子。

#### 第二代發酵箱



第二代發酵箱內測得我們需要的夏天溫度30-35°C的發酵環境(較高溫度的點37-38°C我們討論不放置發酵瓶)，但卻發生另一個問題，當室溫降到20°C以下(因為實驗當時已經進入107.01初)，箱內溫度最高溫無法維持在30°C以上，整個發酵箱受外界氣溫影響太大。為了調配箱內溫度不受限於外界氣溫影響，並且溫度過高時也能自動降溫、溫度過低時會自動加熱，所以我們又上網蒐尋控溫器，在飼養小動物的專賣店找到它。

#### 第三代發酵箱



溫度控制器 | 箱子較大所以我們在前後裝設各一顆60W燈泡 | 箱子內部周圍張貼反光的錫箔紙，希望週邊的熱源能經由光的反射而達到熱均勻

# 研究結果

在進行本項實作實驗時已經進入1月份冰冷的季節，在關廟的市集上僅能找到「金鑽鳳梨」，並且老闆都會告訴我們現在的鳳梨很酸不好吃，要到夏季4-5月才好吃。大自然創造的每一支鳳梨嚴格說來都是獨特的，每一支鳳梨都隨著不同氣候、日照及栽種條件而結的果實都不同，為了掌控科學研究的嚴謹性，在每一個比較性的實驗時，我們挑選同一家栽種的鳳梨，甚至是用同一顆鳳梨進行2~4組的實驗對照，並且每一顆鳳梨都先檢測基本的糖度、酸度及含汁液比率，右表是我們進行實驗的鳳梨取樣所檢測出的資料：

樣品編號	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
重量(g)	75	46	63	30	79	49	35	36	94	63
體積(cm <sup>3</sup> )	70	35	60	25	50	50	35	30	85	55
汁液(g)	43	26	38	23	35	28	17	24	58	36
汁液比 <sup>1</sup> (%)	57	57	60	77	44	57	49	67	62	57
糖度 <sup>2</sup> (Brix)	16	12	15	13.5	16	15	15	15	13	14
酸度 <sup>2</sup> (%)	0.90	1.08	1.08	1.13	0.97	0.61	0.77	0.67	0.77	0.72
糖酸比	18	11	14	12	16	25	19	22	17	19

1. 計算汁液重量占樣品全重的比例 2. 定容至固定量至稀釋樣品，以標準鹼容液測定並以檸檬酸當量計算

## 研究一 鳳梨豆醬的醃漬和接種發酵所需要的適宜環境

**研究問題：**鳳梨豆醬究竟要在何種環境中發酵是最適宜？

**研究設計：**以溫度、水份、光和空氣四個變項進行實驗設計。

**實驗操作：**

### 實驗一、溫度

鳳梨②	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆麩(g)
A 30-35°C	150	12	15	7.5	5
B 10-20°C	150	12	15	7.5	5
C 0-5°C	150	12	15	7.5	5

### 實驗發現



- 製作完1小時之後，瓶內出現許多汁液，鳳梨內釋出許多水分，直到發酵-2日後瓶內水的高度不再升高，鳳梨已經不再出水。
- 發酵日達21日時觀測汁液顏色，A是混濁、B是乳白色，比A淡，C是澄清的。鳳梨顏色AB屬於褐色，C仍保持原來的鳳梨黃色。



- 糖度發展圖中，三組有明顯的差異，以A組下降趨勢最快其次是B組，而C組是逐日升高。實驗結果發現溫度越高會讓糖度下降更快，溫度低會讓鳳梨的糖度逐次滲出，讓糖度逐次升高。
- 酸鹼值的變化三組都是逐漸升高再低之後逐漸上升，A組酸鹼值在7-14日降到最低，BC組都在14-21日之間降到最低點，發酵21日前高溫的酸鹼值變化較低且偏酸，溫度越低的酸鹼值變化大且偏鹼，發酵21日後三組的酸鹼值幾乎相同變化。
- 三組的乳酸量變化都是由低變高，高溫的A組14-21日前都高於BC組，之後低於B組但又高於C組。所以溫度高低對乳酸量是有影響的。
- 結論：溫度高低會影響發酵工作，包括糖度酸鹼值與乳酸量，高溫會快速消耗糖度且PH值偏酸，發酵前半階段乳酸量偏高；低溫則反之。

### 實驗二、水份

一、**實驗問題：**民間製作鳳梨豆醬過程時常警告器具不可碰水，以防鳳梨豆醬長黴菌。鳳梨豆醬醃漬與接種的製作方法真的不能碰水（自來水）嗎？

鳳梨②	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆伯(g)
A(加10cc水)	150	12	15	7.5	5
B(不加水)	150	12	15	7.5	5

### 實驗發現

- 加水與不加水的實驗組與對照組，鳳梨滲出的液體量到最後竟然幾乎一樣。
- 加入自來水的A組竟然沒有任何黴菌，與民間所傳的經驗是相違背的。

### 實驗三、光

#### (一) 鳳梨滲出的汁液

- 光線強與弱對於滲出汁液量幾乎差異不大，三組的汁液到發酵日1日都幾乎到了高峰，只有自然光於發酵3日還有些微的變化。
- 燈光下的B組於發酵日6日冒出大量的泡沫，光對於發酵菌早期發酵工作應該沒甚麼影響。

#### (二) 糖度酸鹼值及乳酸量檢測值

- 糖度的變化有很明顯的差異，光源下的B組明顯的直趨下降，而AC組的發展是早期先上升後下降，下降幅度一樣。光源可讓糖度消耗更加速。
- PH值的變化趨線有明顯的差異，光源的酸鹼值變化以有光源的和沒有光源的較偏酸性，自然光(白天與黑夜幾乎一半)的卻是最鹼。PH值發展到發酵日14日為最高，之後逐日下降。

- 光源會讓發酵速度增快，但之後乳酸量卻漸漸的下降，這之間除了光的影響還有光產生的熱源也有關係，而櫃子中的A組比自然光的C組乳酸量最高，所以乳酸菌在強光的環境中一開始活躍但在一段時間之後漸次消退，而在光源恰到好處的與陰暗處，可以逐日活躍並且時間拉長。
- 光源除了有光當然也帶來熱，光與熱讓早期發酵工作(約發酵前7日)活躍，糖度消耗快速且乳酸量增加，而無光源的發酵糖度消耗慢，酸鹼值變化不大且偏酸性，其乳酸量逐漸升高。

### 實驗四、空氣



- 瓶蓋密封比瓶蓋不密封的糖度消滅更快。
- 兩組的酸鹼值差異性不大，皆在發酵日7-14日時達到最酸性，之後逐漸增加。
- 兩組的乳酸量比較，A組瓶蓋不密封的乳酸量於發酵日14日時達高峰之後逐日下降，B組瓶蓋密封的乳酸量逐日增加提高，於發酵日21日後逐漸比A組高。
- 結論：不曝氣的發酵將讓糖度消耗更快，且乳酸量的累積是逐日上升且上升時間較長。

## 研究二 醃漬的糖和鹽在接種發酵中的角色

**研究問題：**鹽和糖這兩個醃漬的角色對於鳳梨接種菌發酵有何影響？

**研究設計：**以放入糖和鹽時間點、去糖或去鹽刪除法、以及調整糖鹽比例等三個變項進行實驗設計。

**實驗操作：**

### 實驗一 刪除



- 只加鹽不加糖的A組溶液糖度 22°Brix竟然比鳳梨③原汁的糖度15°Brix高，鹽讓鳳梨滲出的溶液具有更高濃度的糖。
- 有加鹽的A組糖度雖低於只加糖的B組，然而在糖度的耗損速度上來說，B組的耗損速度比A快很多，且糖度耗損幾乎集中在發酵日2-14日，而發酵日14天之後糖度不再下降，無鹽的發酵對於糖度的耗損幾乎在前階段，故不加鹽對於發酵工作是加快。
- 兩組酸鹼值的發展曲線幾乎一樣，A比B偏酸性，只加鹽比只加糖的發酵是較酸性。
- 只加鹽的發酵乳酸量每次的測量點都高於只加糖的發酵，兩組的乳酸量也於發酵日28日達到高峰，故鹽不只是醃漬滲出糖度與水分的角色，也影響乳酸量與發酵速度的關鍵。乳酸量高的溶液也偏酸性，故加鹽可以滲出發酵所需的能量，並且有易乳酸的發展，但會抑制發酵速度；加糖可以提供發酵能量並且發酵速度比只加鹽快。

### 實驗二 份量



- 鹽量高會將鳳梨糖度滲出，故測得的糖度高於含鹽量只有一半的C組；C組的消耗的糖度比A組快，也證明鹽度低對於發酵速度較快。
- BC組的鹽量比例相同，糖的比例不同，使用的鳳梨糖度都是16°Brix，所測得的糖度B皆大於C組，其餘沒甚麼明顯差異，糖的多寡不會影響發酵歷程。
- 製作鳳梨豆醬若將糖量減一半量並不會影響最後的糖度，而鹽量減一半可以拉長糖度的耗損時間，發酵時間更持久。
- ABC三組的乳酸量皆持續增量，到發酵日28日幾乎達到高峰，以C組的乳酸量最高，或許與使用的鳳梨⑤酸度較高有關，與減少使用鹽量也有關，因為減一半鹽量的B組比A組的乳酸量發展一開始也較高。所以糖鹽都減半的C組產生的乳酸量是最高。
- 鹽與糖的角色在這個實驗中可以證明，糖的多寡沒有影響發酵作用，而減低鹽量會促發糖度的耗損與增快發酵速度。為了健康就可以使用低糖與低鹽的製作方法。

### 實驗三 時間



- 未加鹽與糖的鳳梨加豆麩的發酵消耗鳳梨本身的糖度，鳳梨豆醬不需依靠糖與鹽也可以自行發酵。
- 兩組在發酵工作中的糖度損耗早在發酵7日前已經停止，7日或14日加糖和鹽對其發酵運作無影響，只是把鳳梨的糖度帶出或添加汁液糖度，延後加鹽糖對於鳳梨豆麩發酵沒甚麼幫助。加鹽與糖可以將鳳梨汁液滲透出來，並且加入的時間點會影響鳳梨豆醬的發酵持續時間，鹽與糖不會抑制豆麩的發展。
- 加鹽糖不抑制豆麩發酵工作，加入的時間點會影響發酵持續時間。

## 研究三 變革鳳梨豆醬的實作探究

**研究問題：**怎讓鳳梨豆醬更健康美味？

**研究設計：**去除醃漬的糖與鹽角色及使用肉質不同的鳳梨製作鳳梨豆醬。

**實驗操作：**

**實驗一 去除醃漬角色的變革製作方法**



(一) 不加糖的發酵，其汁液中的糖度都來自鳳梨本身，在發酵的過程中糖度的耗損都在發酵日14日之前，之後變化不大。

(二) A組到發酵日8日表面就開始長一層青黃色的黴菌。實驗結果，顯現這四種方法都有損耗糖度，這四種方法都有發酵現象。

### 實驗二 不同肉質的鳳梨豆醬

一、實驗問題：肉聲果、鼓聲果、柱聲果這三種不同肉質的鳳梨所製作出的鳳梨豆醬，在醃漬與接種發酵後有何差異？

二、實驗設計

	實驗編號	重量(g)	鹽(g)	糖(g)	冰糖(g)	豆伯(g)
	標準比例	380	31	38	19	11
鳳梨⑨	A 肉聲果	530	22	26	13	16
鳳梨⑩	B 柱聲果	410	17	20	10	12
鳳梨⑤	C 鼓聲果	330	14	16	8	11

### 鳳梨肉質的聲頻檢測

使用Pitchlab App音頻測量軟體，並請敲擊力道最平穩的組員進行數次的手指彈擊平穩度的測試，最後正式測量記錄五筆資料，測得的數據如上表，再檢測這三顆鳳梨的糖度、酸度以及汁液比，發現不同肉質的差異性。

1. 肉聲果含水量最多，鼓聲果含水量最低。
2. 鼓聲果的酸度與糖度最高，肉聲果的糖度最低，肉聲果與柱聲果這兩顆酸度差不多一樣。
3. 用手彈擊鳳梨的中段肚肉測音頻，肉聲果音頻最低，鼓聲果音頻最高，這與他們含水量是成反比的。

種類(專家判斷)	肉聲果 A	柱聲果 B	鼓聲果 C
糖度 Brix%	13	14	16
酸度(有機酸)%	0.77	0.72	0.97
汁液比%	62	57	44
敲擊音頻(HZ)			
1	123.3	130.2	146.8
2	123.5	138	130.4
3	123.0	139	146.0
4	123.0	128	147.8
5	123.5	130.6	147.8
平均	123.26	133.16	143.76

### 三、實驗發現



- (一) 糖度最低的A肉聲果，乳酸量的發展一開始都高於B和C，而在14天之後乳酸量卻逐漸下降，B和C卻逐漸升高。
- (二) 乳酸量變化是否可以看出使用含水量最高的鳳梨來製作鳳梨豆醬所產生的乳酸量發展最快，但也最早下降？
- (三) 三者的發酵歷程沒有太大的差別，只是醬汁的出水量以A組最多，B組其次，C最少。

## 研究四 鳳梨豆醬成品品評

### 一、研究對象

編號	製作方法	鹽糖比例	發酵日	備註
1	加鹽壓製後再加糖和接種(30-35°C發酵箱)	鹽 6.6% 糖 12%	87日	原 3-1-D
2	半鹽半糖接種(室溫)	鹽 3.7% 糖 6.3%	79日	原 2-2-C
3	原比例放在室內下陰涼處(室溫)	鹽 6.4% 糖 11.8%	45日	新製
4	半鹽壓製後再加半糖後接種發酵放入陰暗櫃子中(室溫)	鹽 3.5% 糖 6.4%	45日	新製

### 二、品評內容：

品評分成兩大項，一項是市場的接受度測試，共計10位；另一項是差異性測試，共計10位。差異性測試設計是編號3與編號4進行差異性測試，另一組以編號4(室溫，45天)與編號1(30-35°C，87天)進行差異性比較。依照測試項目的程度給予54321等級的分數進行統計，

實驗差異項目	製作方法(光線、鹽糖量、壓製)		發酵時間	
	有光線、鹽糖原比例	無光線、半鹽糖、壓製	45日	87日
實驗組別	編號 3	編號 4	編號 4	編號 1

### 三、測試結果

#### (一) 市場接受度

	氣味	酸味	甜味	鹽味	回甘	整體
編號 1	24	16	16	18	16	14
編號 2	24	24	24	20	22	24
編號 3	22	30	26	32	24	28
編號 4	24	30	26	30	38	34

#### (二) 差異性測試

##### 1. 製作方式不同

	製作方法	外觀	氣味	酸味	甜味	回甘味	整體接受度
編號 3	有光線、鹽糖原比例	37	32	29	19	21	33
編號 4	無光線、半鹽糖、壓製	38	36	25	25	21	34

顯示無光線、半鹽糖、壓製的製作方法以及半糖鹽的量也可以讓鳳梨豆醬的風味更好，整體接受度也高於有光線、鹽糖原比例所製作的鳳梨豆醬。

#### 2. 發酵日數長短之差異

發酵日數越多的鳳梨豆醬，所累積的酸味高、甜味降低，而卻醞釀較高的回甘味。

	發酵日數	外觀	氣味	酸味	甜味	回甘味	整體接受度
編號 1	87日	21	28	29	23	25	35
編號 4	45日	38	36	25	25	21	34

## 討論

### 一、鳳梨豆醬發酵的糖度、酸鹼值與乳酸量發展曲線

- (一) 糖度發展探討：醃漬與接種發酵的歷程中糖度的發展是逐日下降，若在高溫有光線且密封環境下，糖度的下降曲線幅度最大，將醃漬物放入冰箱中發酵會較偏甜。又醃漬角色鹽與糖同時減量時，下降曲線更大。
- (二) 酸鹼值發展探討：醃漬與接種發酵的PH值發展是先上升後下降之後又再上升，最低點在21-28日，溫度越低的發酵，PH值變化曲度較大；鹽量大時會讓發酵工作的PH值偏酸，陰暗處、高溫、密封發酵環境會讓醃漬物偏酸。
- (三) 乳酸量探討：乳酸菌在強光的環境中一開始活躍，但在一段時間之後漸次消退，而在光源恰到好處與陰暗處，可以逐日活躍並且時間拉長；不曝氣的發酵讓乳酸量的累積是逐日上升且持續時間長。

### 二、醃漬角色的量與接種發酵

- (一) 高鹽量會將鳳梨糖度滲出更多，鹽將鳳梨豆麵的發酵液變甜了。只加鹽比只加糖的發酵是較酸性。只加鹽的發酵乳酸量每次的測量點都高於只加糖的發酵，兩組的乳酸量也於發酵日28日達到高峰，故醃漬的鹽不只是醃漬滲出糖度與水分的角色，也影響乳酸量與發酵速度的關鍵。乳酸量高的溶液也偏酸性，故加鹽可以滲出發酵所需的能量--糖，並且有易乳酸的發展，但會抑制發酵速度；加糖可以提供發酵的能量並且發酵速度比只加鹽快。
- (二) 糖的多寡不會影響發酵歷程。糖量減一半，不因減低糖的比例而影響發酵液的最終糖度。所以製作鳳梨豆醬若將糖量減一半量並不會影響最後的糖度，而鹽量減一半可以拉長糖度的耗損時間。所以製作鳳梨豆醬並非靠鹽或糖的量多才可發酵，時間一拉長來看雖會影響發酵速度，但最終的發酵仍趨於一致。
- (三) 糖鹽都減半的研究。鹽與糖的角色在這個實驗中可以證明，糖的多寡沒有影響發酵作用，而減低鹽量會促發糖度的耗損與增快發酵速度。為了健康就可以使用低糖與低鹽的製作方法。
- (四) 無醃漬角色的實驗討論：延後加鹽、糖對於鳳梨豆麵發酵沒甚麼幫助。加鹽與糖可以將鳳梨汁液滲透出來，鹽與糖不會抑制發酵的發展，並且加入的時間點會影響鳳梨豆醬的發酵持續時間。實驗結論是加鹽糖不抑制豆麵發酵工作，而加入的時間點會影響發酵的持續時間。

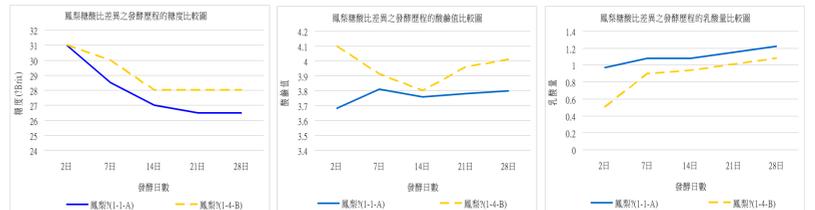
### 三、醃漬與接種發酵中的發霉現象，並非單純出因於

「水」，實驗結果與民間所談的製作鳳梨豆醬的忌諱~碰到水，是相違背的，實驗結論可以驗證並非單純因為水讓鳳梨豆醬發霉。

### 四、鳳梨本身的條件探討

#### (一) 糖酸比不同的鳳梨

依據本次實驗所使用的鳳梨①-⑩挑選糖酸比最低②④與最高⑥⑧，又再比較其實驗設計最相近的鳳梨②與⑧，進行不同條件的鳳梨發酵歷程之比較與探討。



1. 發酵歷程中糖酸比低的鳳梨②的糖度耗損比糖酸比高的鳳梨⑧還要明顯，且降低幅度大。糖酸比低的鳳梨②發酵歷程中的酸鹼值發展皆比鳳梨⑧偏酸，兩者皆在發酵日14日的PH值到達最低點。糖酸比低的鳳梨②所產生的乳酸量皆高於鳳梨⑧。
2. 依據市面上鳳梨口感較佳的是指糖酸比高的鳳梨，然而選用糖酸比低的鳳梨來製作鳳梨豆醬，依據以上的實驗結果其發酵歷程與作用是比糖酸比高的鳳梨還要好。

#### (二) 肉質不同的鳳梨

含水量最高的肉聲果鳳梨來製作鳳梨豆醬，乳酸量發展最快，但也最早下降。肉質不同的鳳梨，三者的發酵歷程沒有太大的差別，只是醬汁的出水量以肉聲果最多，柱聲果其次，鼓聲果最少。

### 五、變革傳統製作方法

鳳梨豆醬的發酵熟成是偏好在常溫陰暗且厭氧的環境中，而減糖減鹽比例比傳統高鹽糖比例發酵情況更佳。