

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

080312

酵果食足—蘋果酵母液培養

學校名稱：臺中市私立華盛頓國民小學

作者：  小五 林宏叡  小五 李定橙  小五 李致為  小五 張恩愷	指導老師：  黃久倫  李天佑
---	-----------------------------

關鍵詞：天然酵母菌、麵種、發酵

## 摘要

我們設計控制溫度在 28 度恆溫箱,並研究蘋果酵母液使用哪種糖、糖的重量比例及幾天收液是最佳時間,來探討蘋果酵母菌的生長影響。利用舊瓶或之前的酵母液探討可否縮短培養蘋果酵母液的期限,也試著用不同溶液替代蘋果酵母液,並做成麵種觀察酵母菌在麵粉的發酵情形。綜合以上實驗結果設計出蘋果:水:葡萄糖 10:15:1 放置七天的蘋果酵母液,再用蘋果酵母液:高筋麵粉 1:1 是最容易在家做天然酵母麵團的成份比例。利用麵包機做出天然酵母麵包跟商業酵母麵包,以盲測口感問卷調查出大部份的人較愛天然酵母麵包的風味,也估算出天然酵母麵包所需天然酵母麵團的成本。最後將麵種自然風乾製成酵母粉冷凍保存,加水還原後仍可以回復酵母菌的活性。

## 壹、研究動機

自從媽媽買了麵包機就自己動手做麵包,但總是覺得有一股特別的味道跟坊間的麵包店就是不一樣,後來和老師討論後才知道,酵母有天然酵母和商業酵母的分別。一般在家裡製作麵包是使用商業酵母做為發酵食材,坊間的麵包店則因為添加天然酵母吃起來就特別好吃。我們就試著想設計一套在家裡可以容易培養天然酵母的方式。

## 貳、研究目的

研究一：探討蘋果酵母液的作法

研究二：探討不同種類的糖對蘋果酵母菌生長的影響

研究三：探討葡萄糖不同重量對蘋果酵母菌生長的影響

研究四：探討蘋果酵母菌液最佳收液時間

研究五：探討如何縮短蘋果酵母菌液製程

研究六：探討不同的溶液是否可以取代蘋果酵母液

研究七：探討不同種類的麵粉對麵種發酵影響

研究八：如何製作酵母粉

研究九：探討天然酵母、商業酵母麵種所製的麵包口感問卷調查

研究十：探討自製蘋果天然酵母成本計算

## 參、研究設備及器材

一、實驗器材：生物顯微鏡、平板電腦、縮時攝影機、各式容器、糖度計、pH計、燒杯、溫度計、磅秤、麵包機。

二、實驗材料：蘋果、葡萄糖、砂糖、麵粉、優酪乳、啤酒、梅子醋。



顯微鏡



平板電腦



縮時攝影機



糖度計



pH計



燒杯



容器



電子秤



蘋果



蔗糖



葡萄糖



麵粉



優酪乳



啤酒



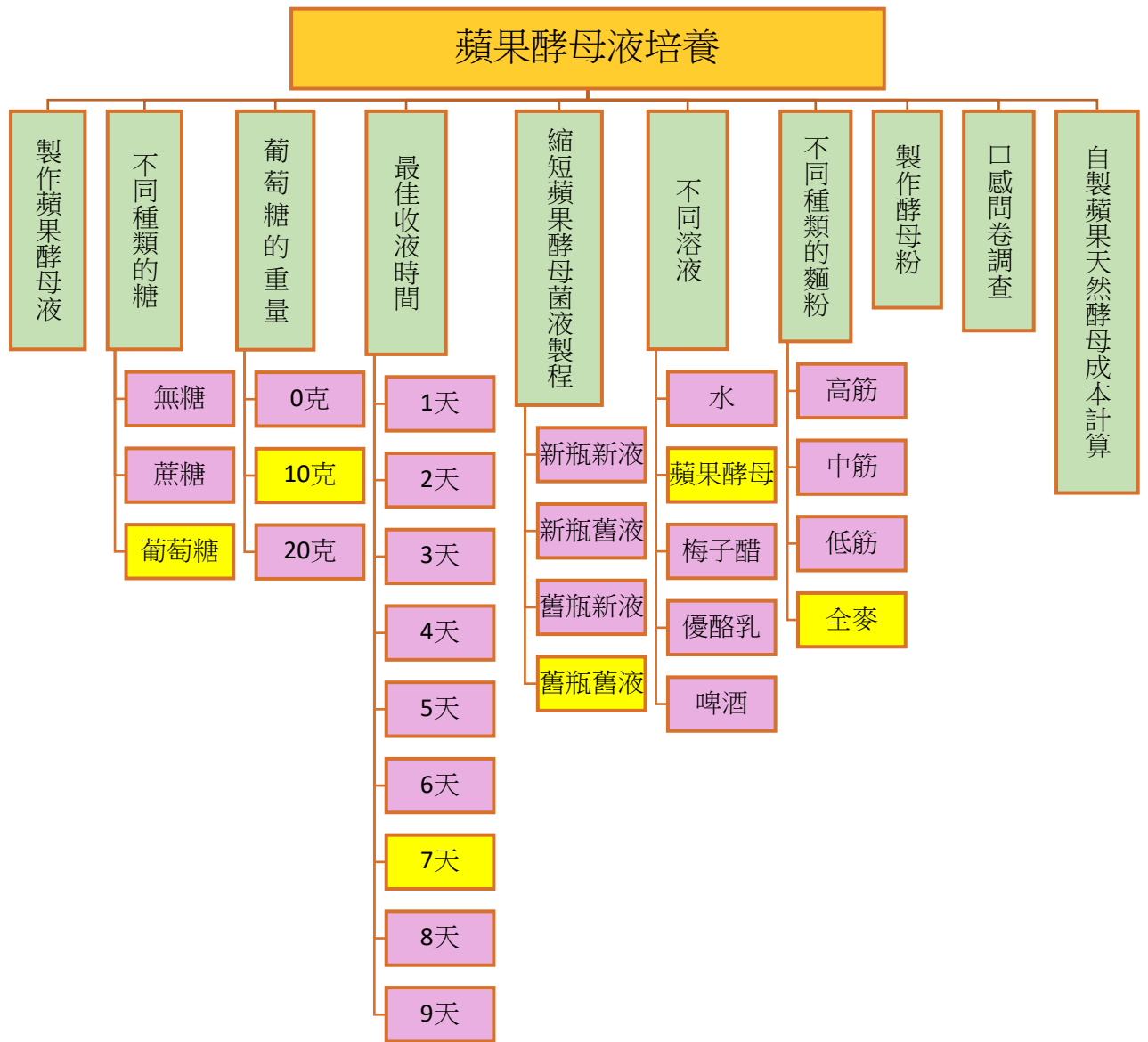
梅子醋



麵包機

# 肆、研究過程、方法和內容

## 一、研究架構圖



## 二、研究方法、結果及討論

### 研究一：探討蘋果酵母液的作法

(一)首先我們設計恆溫發酵器，利用恆溫原理將蘋果酵母液培養過程控制在 28 度，用燈泡熱度加溫並用恆溫開關控制燈泡電源。

(二)製作蘋果酵母液

- 1.將所有需要使用的器具用沸水煮過。
- 2.將蘋果果肉連皮帶籽切塊放入容器中，加水及砂糖。
- 3.均勻搖晃後放置於恆溫發酵器

第一天蘋果顏色新鮮及溶液呈現清澈。	第三天有出現褐變及大泡泡，並有酒味。	第五天底部出現一圈白色沉澱物，蘋果果肉崩解沉入底部。	第七天大泡泡開始變少，溶液更混濁。
			

圖 1：蘋果酵母液外觀變化情形

- 1.蘋果酵母液由第一天的清澈透明隨著天數增加愈變愈混濁，氣味也由香甜蘋果味變成偏酸的酒味，蘋果由新鮮的顏色變成褐色。
- 2.氣泡於第二天開始出現，時間愈久氣泡愈多愈大，每天很像在開汽水，底部在第五天出現一圈白色沉澱物，最後底部的沉澱物成為細細綿綿的蘋果渣。

(三) 蘋果酵母菌麵種培養

由於製作麵包需要穩定及活躍的酵母菌才能使麵團發酵。

- 1.第一次使用製作七日蘋果酵母液 100 毫升，加入麵粉 100 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種高度增加兩倍所需要的時間。
- 2.第二次取出 100 公克第一次麵種，加入 50 毫升蘋果酵母液及麵粉 50 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種高度增加兩倍所需要的時間。
- 3.第三次再繼續取出第二次 100 公克麵種，加入 50 毫升蘋果酵母液及麵粉 50 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種高度增加兩倍所需要的時間，即可當天然酵母麵種使用。




表面有大泡泡很緩慢在吹氣，不時也會有其他小泡泡冒出。	用湯匙把蘋果酵母麵種輕輕由杯壁拉下，呈現絲狀。	取出一些麵種時，麵團完全不沾黏瓶子，很輕鬆拿出整團麵團。
		

圖 2：蘋果酵母麵種變化情形

結果：

- 1.麵種在第一次長高兩倍時，花費比較長時間。第二次麵種和第三次麵種長高 2 倍時間就比第一次縮短約 2 小時，我們推測應該是麵種的酵母菌生長穩定。
- 2.充滿活性的酵母菌麵種會有一股不刺鼻的清香酒味，表面會有泡泡冒出，這些泡泡很像在呼吸一樣緩緩的冒出，在攪拌時可以感覺是充滿空氣的輕柔麵團，與杯壁接觸面更有像絲一樣的網狀交錯，不沾杯壁。

### 研究二：探討不同種類的糖對蘋果酵母菌生長的影響

研究問題：研究無糖、雙糖（蔗糖）、單糖（葡萄糖）對蘋果酵母菌的影響。

(一)實驗材料：蘋果 100 克、水 150 克、不同種類的糖 25 克。

(二)培養方法：

- 1.為了實驗的正確性，以下所有實驗均取三次測量紀錄**平均值**對照比較。
- 2.所有使用的器具全部以沸水消毒 3 分鐘。
- 3.將蘋果含核帶皮切小塊，加入水和糖，攪拌均勻。
- 4.瓶口套入壓扁氣球，每日測量所產出的二氧化碳。
- 5.培養觀察七天後收液，將酵母液加入麵粉攪拌成麵種，測量麵種高度增加兩倍所需要的時間。



圖 3：培養設置圖

測量方法：

1. 使用 pH 計測量每瓶每日酸鹼變化。
2. 使用糖度計測量每瓶每日糖份消耗變化。
3. 使用 600 倍生物顯微鏡觀察酵母菌的繁殖變化。
4. 利用排水法測量每日氣球所膨脹的二氧化碳體積，並使用澄清石灰水檢測氣體是否為二氧化碳。

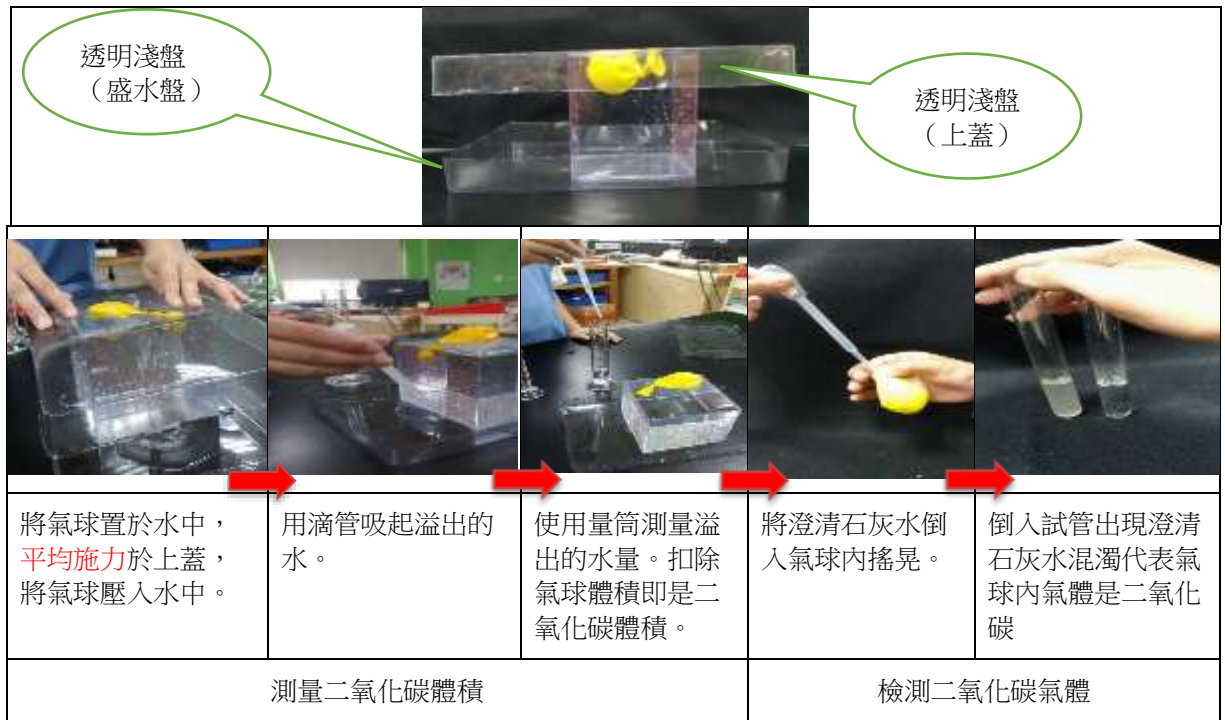


圖 4：排水法測量二氧化碳體積

實驗結果：

無糖	蔗糖	葡萄糖
無糖組 <b>第三天</b> 時酵母菌明顯變多，並大量產生分裂出芽繁殖現象，隨著時間愈長酵母菌則慢慢變成獨立個體不再繁殖。	蔗糖組也是到 <b>第五天</b> 出現酵母菌大量繁殖的現象，一直持續到第七天酵母菌還是不停分裂出芽繁殖。	葡萄糖組前四天並沒有大量的繁殖現象，直到 <b>第五天</b> 開始出現大量的分裂出芽繁殖。

圖 5：不同種類的糖酵母菌每天繁殖變化 (單位：10 μm)

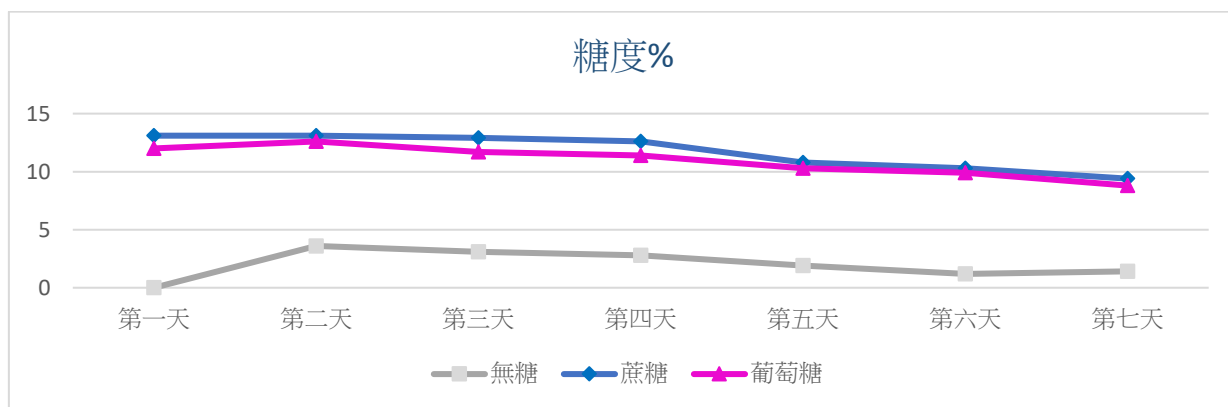


圖 6：不同種類的糖二氧化碳每天增減變化

表 1：不同種類的糖每天酵母菌成長變化

實驗紀錄(107.11.7~107.11.13)

種類 時間	無糖			蔗糖			葡萄糖		
	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>
第一天	5.1	0	0	5.1	13.1	0	5.1	12	0
第二天	4.1	3.6	19	4.6	13.1	8.5	4.5	12.6	14.5
第三天	3.9	3.1	105	4.0	12.9	22	4.2	11.7	27
第四天	4.3	2.8	103	4.1	12.6	79	4.3	11.4	121
第五天	4.4	1.9	49	4.1	10.8	159	4.3	10.3	149
第六天	4.0	1.2	36	3.5	10.3	99	3.6	9.9	127
第七天	3.9	1.4	0.5	3.4	9.4	116	3.5	8.8	132





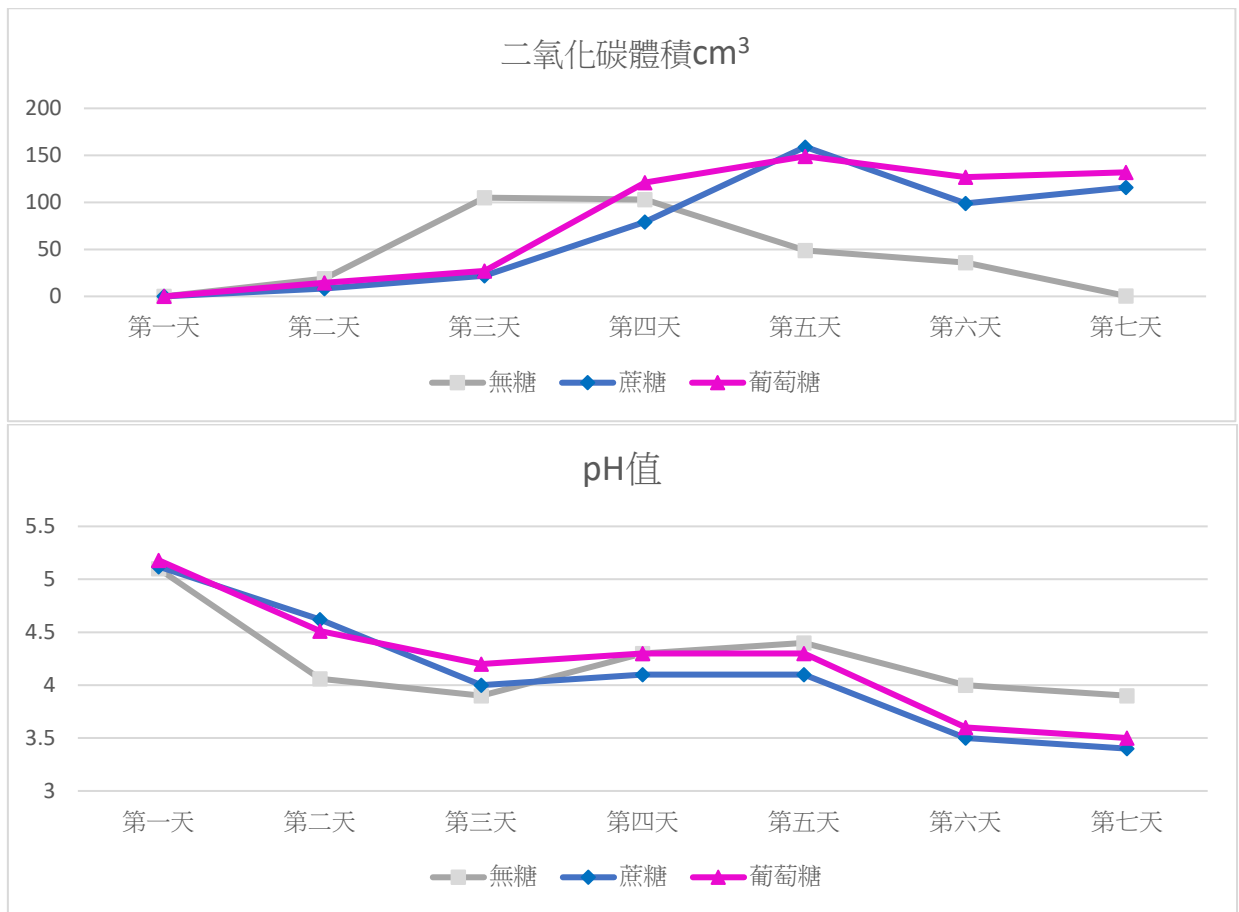


圖 7：不同種類的糖 糖度%、二氧化碳體積 cm<sup>3</sup>、pH 值 (平均值)每天變化圖

實驗觀察：

- 1.第二天三組都開始出現氣泡，無糖組氣泡較其他兩組又大又多。氣味則都是淡淡蘋果味，顏色以無糖組較深氧化程度也比較多。
- 2.第三天無糖組開始出現白色沉澱物，其餘兩組則還是很新鮮蘋果顏色，無糖組有濃濃酒香，其餘兩組則是淡淡蘋果酒香。
- 3.第四天每組都出現白色沉澱物，每瓶打開始都有一股濃濃酒香氣體往外衝，蔗糖組、葡萄糖組氣泡明顯變多變大，氣泡不停的由下往上跑，反觀無糖組變少，氧化顏色還是以無糖組最深最多。
- 4.第五天無糖組所產出的二氧化碳變少，蔗糖組、葡萄糖組卻愈來愈多。
- 5.第六天無糖組的氣泡已經沒有像前幾天那麼活躍，蔗糖組、葡萄糖組氣泡還是很多，整瓶像汽水一樣不停的冒泡。
- 6.第七天無糖組的蘋果已經全部沉在底部，酒味比蔗糖組、葡萄糖組來得濃，無糖組也幾乎沒有二氧化碳產出。

## 培養麵種觀察發酵程度

實驗材料：三組蘋果酵母液 20 克、高筋麵粉 20 克。

實驗設計：

1. 檢驗酵母液的活性及穩定度，我們將每組實驗都訂為麵種發酵程度長高 2 倍。
2. 將三組蘋果酵母液和高筋麵粉混合置於量筒裡，使用**平板縮時攝影**及**直播功能**觀察紀錄發酵器裡麵種發酵 2 倍高之時間。



圖 8：拍攝麵種增加高 2 倍時間設備圖

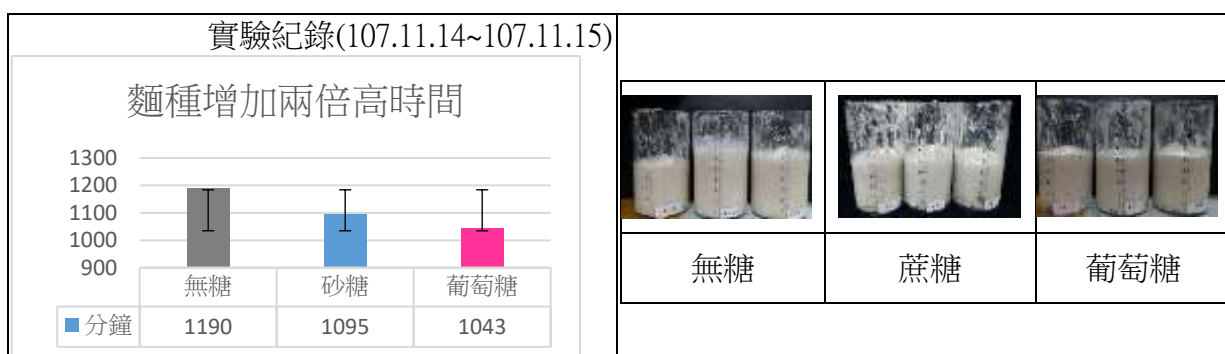


圖 9：麵種高度增加兩倍所需時間比較

實驗觀察：無糖組麵種長至 2 倍高所花費的時間最長，而且無糖組中每一個麵種長高至 2 倍高的時間差異很大。葡萄糖組麵種發酵 2 倍高時間最短，葡萄糖組中的每一個麵種長高至 2 倍高的時間很接近，其次是蔗糖組。

實驗結果：葡萄糖是培養酵母菌最佳的糖類，以下的實驗將以葡萄糖作為實驗基材。

發現問題：

1. 單糖和雙糖對酵母液的培養上好像沒有很顯著的差異，倒是無糖可以很明顯看出酵母菌將蘋果本身糖份消耗後，就有開始減弱等現象。
2. 無糖的二氧化碳一開始就大量產出，為什麼蔗糖組和葡萄糖組卻過一段時間才出現呢？
3. 做麵包主要是看麵團發酵的程度，所以要製成麵種看發酵情形判斷酵母菌的活性。已經呈現停滯期的無糖組蘋果酵母液怎麼還可以使麵種長高呢？
4. 糖的比例是不是也會影響蘋果酵母菌生長呢？

### 研究三：探討葡萄糖的重量對蘋果酵母菌生長的影響

研究問題：研究葡萄糖的重量比例對蘋果酵母菌生長的影響

實驗設計：控溫箱溫度設定 28 度，每隔 24 小時打開一次透氣，並搖晃 50 次。

實驗材料：蘋果 100 克、水 150 克及不同重量葡萄糖。

培養方法：(1)為了實驗的正確性，以下所有實驗均取三次測量紀錄**平均值**對照比較。

(2)培養步驟如研究一。

實驗結果：




葡萄糖 0 克	葡萄糖 10 克	葡萄糖 20 克
		
葡萄糖 0 克組出現很大的酵母菌在第二天，第三天、第四天則出現大量出芽、分裂，一直到第五天後繁殖行為就沒有那麼活躍了。	葡萄糖 10 克組在這七天中 <b>除了第一天外，其它天都有大量出芽、分裂的繁殖行為。</b>	葡萄糖 20 克組在第一天的酵母菌密度比較高，但到了第二天之後酵母菌數量就明顯變少，直到第四天後發現又開始出芽、分裂繁殖變多。

圖 10：葡萄糖不同重量的酵母菌每天繁殖變化

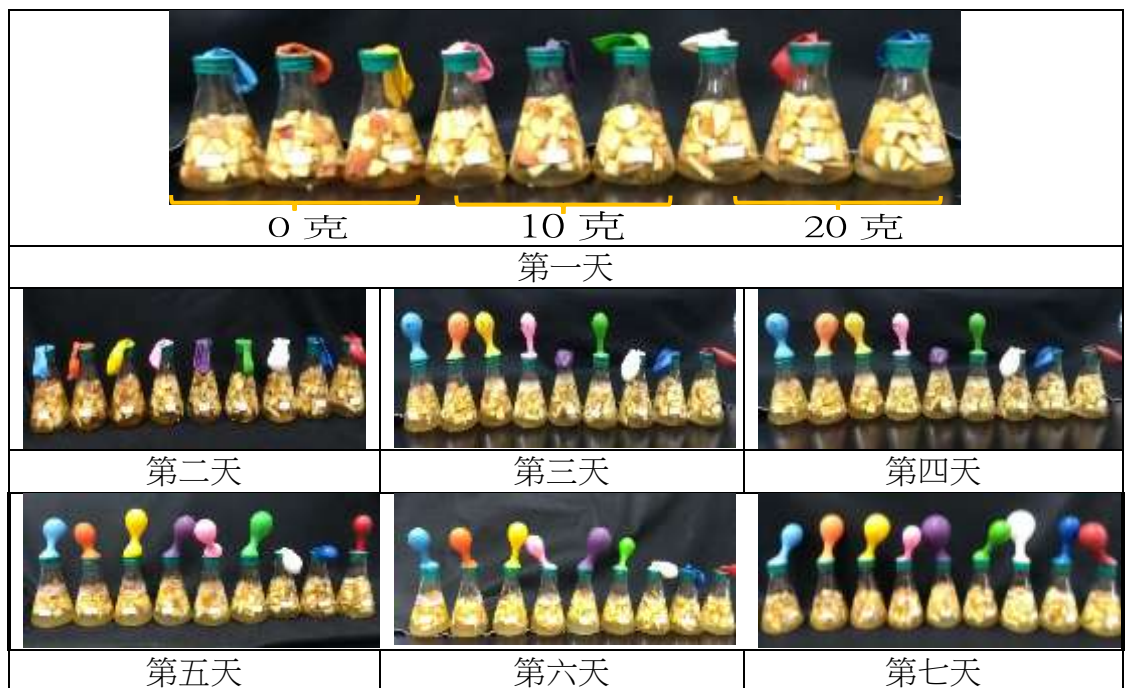


圖 11：葡萄糖不同重量的二氧化碳增減變化

表 2：葡萄糖不同重量的每天酵母菌成長變化

實驗紀錄(107.12.19~107.12.26)

種類 時間	葡萄糖 0 克			葡萄糖 10 克			葡萄糖 20 克		
	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度%	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>
第一天	6.1	0.8	0	6	6.1	0	6.1	10.6	0
第二天	4.8	4.2	18.3	4.1	7	13.6	4.8	10.3	11.3
第三天	4.7	4.9	49.6	4.9	7.7	31	5.2	10.4	18.3
第四天	4.2	4.8	65.3	4.3	7.7	46	4.8	10.2	18.7
第五天	3.9	4.3	74.3	3.8	7.5	63.3	4.1	10.5	24
第六天	3.7	4.5	46	3.6	7.4	54	3.8	10.5	15
第七天	3.5	3.5	65.6	3.3	7	69	3.2	10.4	82

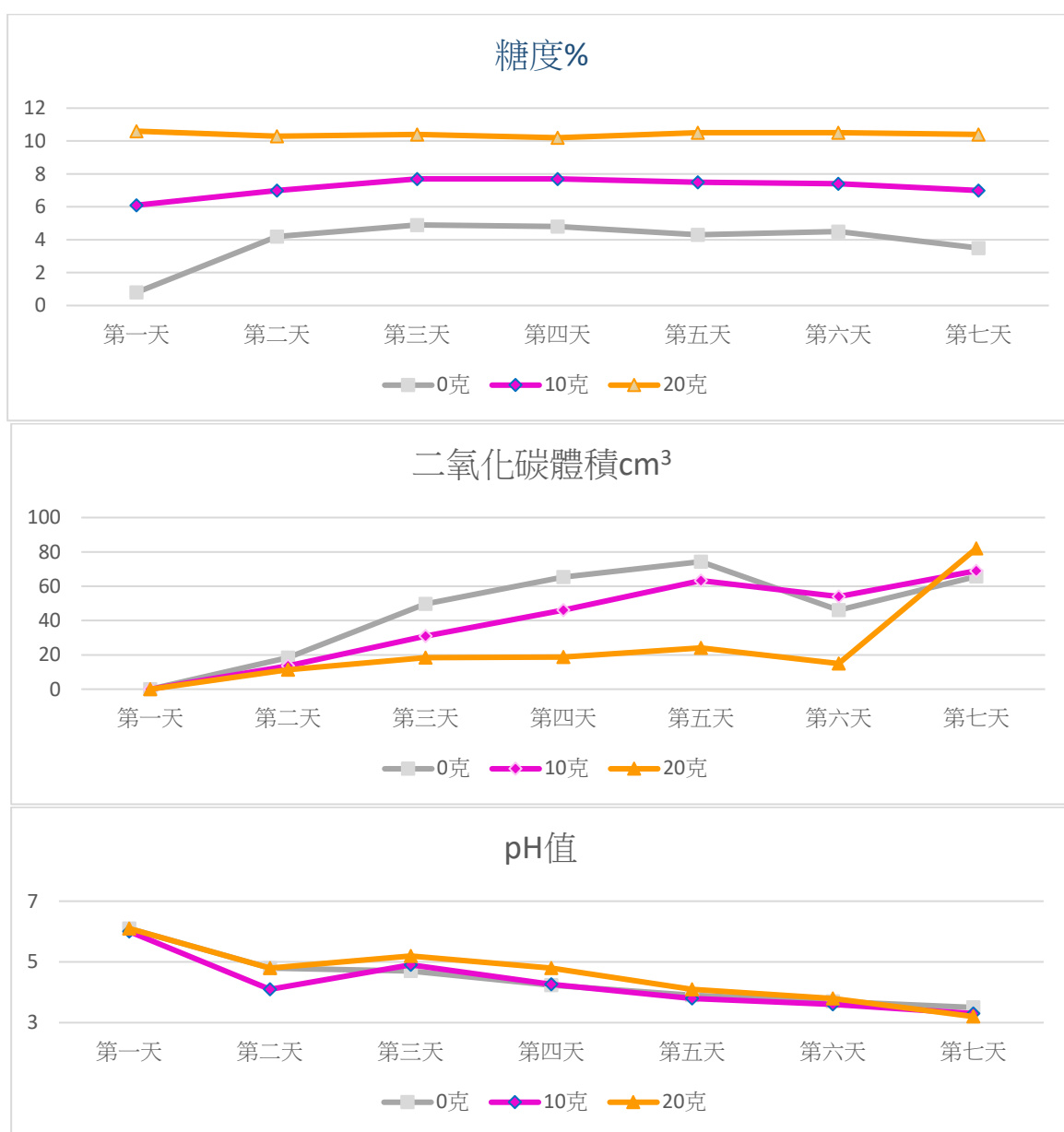


圖 12：葡萄糖不同重量的酵母菌糖度%、二氧化碳體積 cm<sup>3</sup>、pH 值 (平均值)每天變化圖

實驗觀察：

- 1.每組 pH 隨著時間愈來愈低，葡萄糖 0 克組的糖度第一天是 0%，到第二天葡萄糖 0 克組開始增加，其餘兩組也是慢慢增加又慢慢減少。二氧化碳產量也是葡萄糖 0 克組先開始變多，再來才是葡萄糖 10 克組，葡萄糖 20 克組則是到最後幾天才開始出現二氧化碳。

### 培養麵種觀察發酵程度

實驗材料：三種不同重量的葡萄糖（葡萄糖 0 克組、葡萄糖 10 克組、葡萄糖 20 克組）  
酵母液、高筋麵粉。

實驗設計：將 20 克的酵母液和 20 克的高筋麵粉混合置於量筒裡，使用平板縮時攝影及直播功能觀察紀錄發酵器裡麵種發酵 2 倍高之時間。

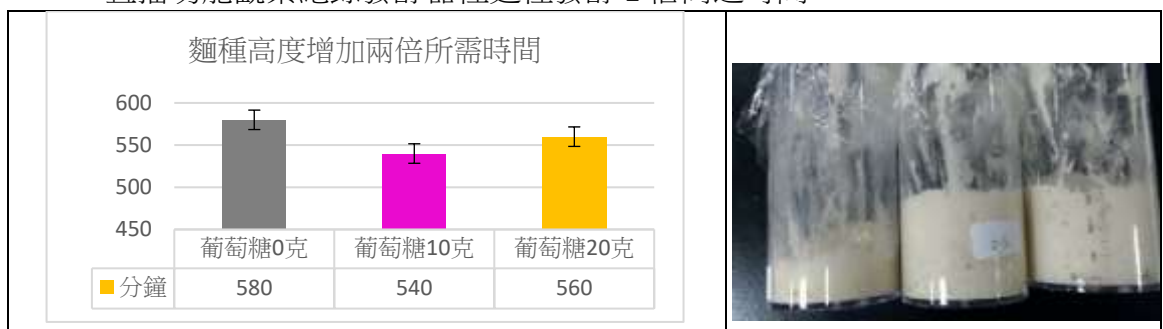


圖 13：麵種高度增加兩倍高所需要時間比較

實驗觀察：葡萄糖 10 克組發現是在最短的時間麵種長高 2 倍高，葡萄糖 0 克組麵團長高 2 倍時間最長。

實驗結果：**葡萄糖 10 克是最佳的糖重量**。以下的實驗將以蘋果和葡萄糖(10:1)為實驗基材。

發現問題：

- 1.蘋果酵母液中糖的比例多寡，為何會影響麵種發酵的時間？
- 2.哪一天是培養蘋果酵母液的最佳收液日？

### 研究四：探討蘋果酵母液最佳收液時間

研究問題：研究蘋果酵母液最佳收液時間

實驗設計：控溫箱溫度設定 28 度，每隔 24 小時打開一次透氣，並搖晃 50 次。

實驗材料：蘋果 100 克、水 150 克及葡萄糖 10 克。

培養方法：(1)為了實驗的正確性，以下所有實驗均取三次測量紀錄**平均值**對照比較。

(2)培養步驟如研究一，培養麵種步驟如研究二。

實驗結果：

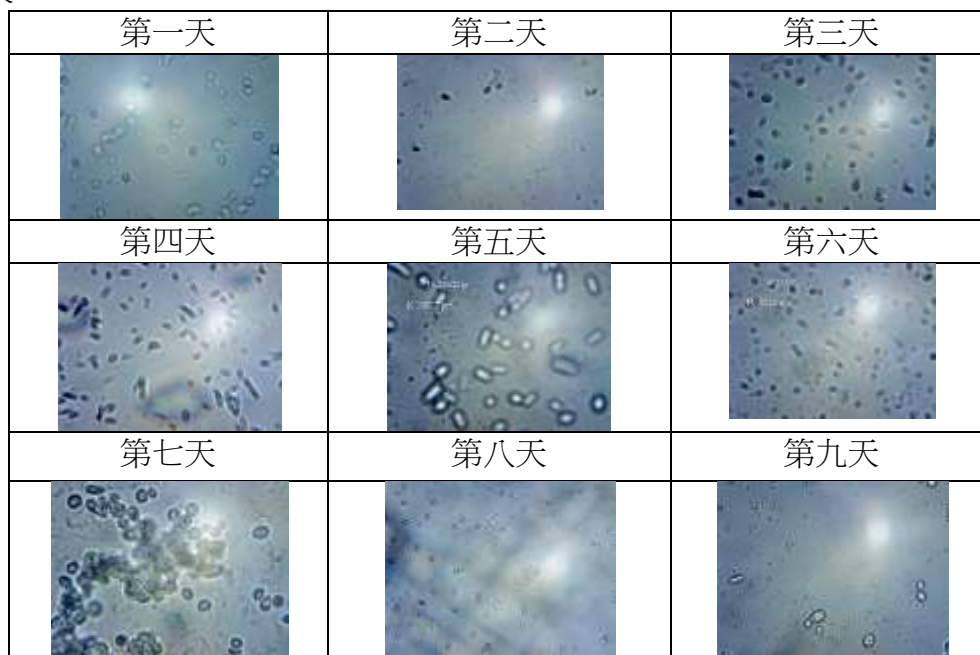


圖 14：酵母菌每天繁殖變化

實驗紀錄(108.01.16~108.01.24)










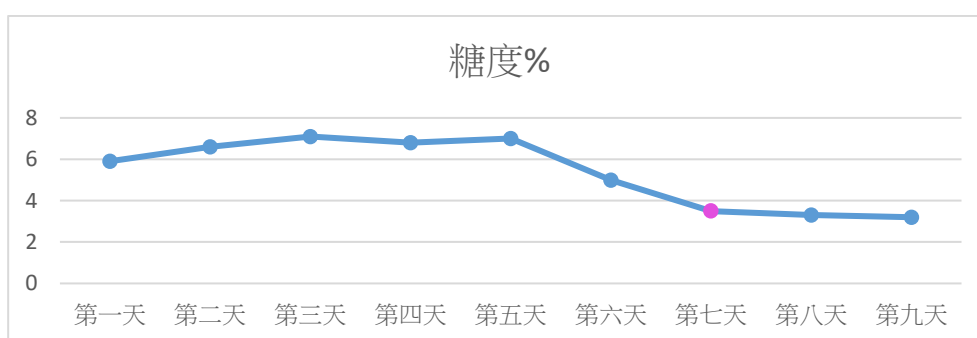
時間	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天
pH 值	5.6	5.1	4.9	4.8	4.5	4.1	3.7	3.7	3.6
糖度%	5.9	6.6	7.1	6.8	6.5	5.7	4.5	3.8	3.3
CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	0	12	23	34	99	109	113	25	10
氣球變化									

圖 15：每天蘋果酵母液變化



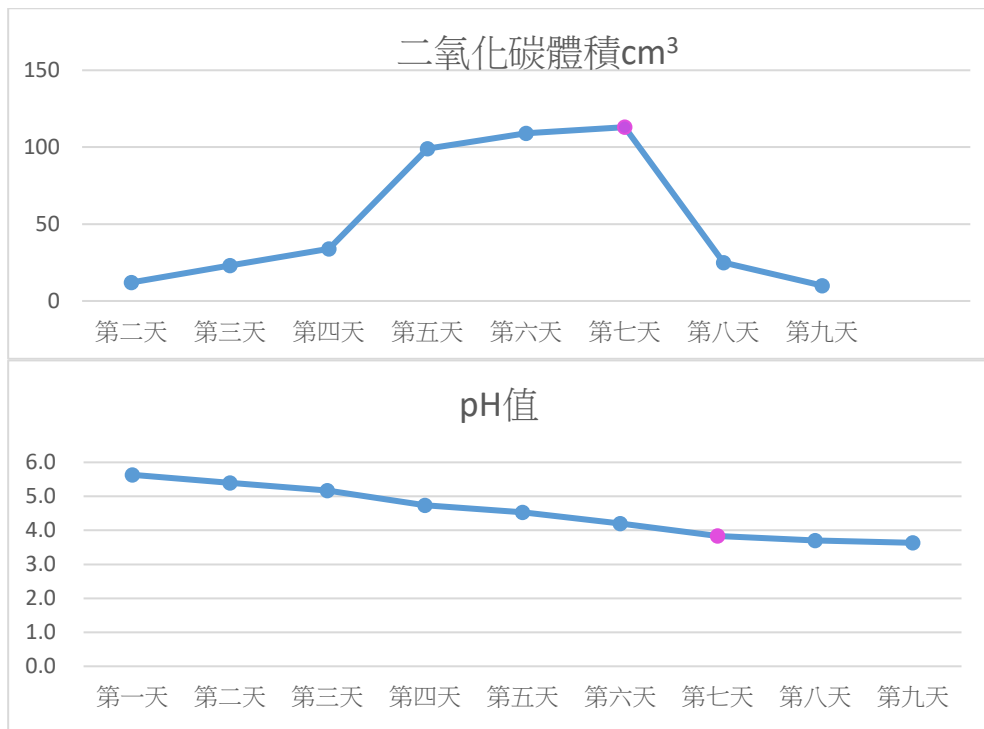


圖 16：糖度%、二氧化碳體積  $\text{cm}^3$ 、pH 值每天變化圖

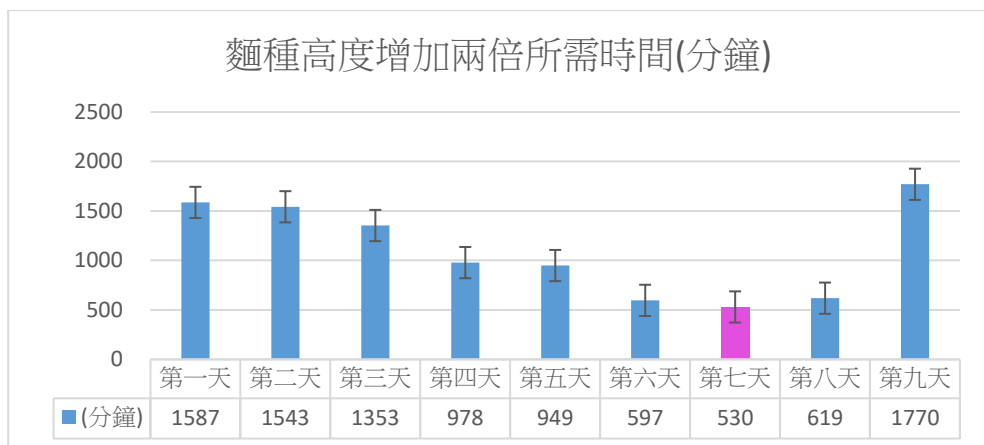


圖 17：每天收液麵種高度增加兩倍所需時間比較

實驗觀察：第 2 天和第 3 天明明只差 1 天，長到 2 倍高的時間卻差很多。這證明了天然酵母液培養至少要 3 天以上。最佳活性的酵母液需要培養 7 天，到 8 天的酵母液活性就開始愈來愈低。

實驗結果：蘋果酵母液最佳收液時間為第 7 天。

發現問題：有什麼方法可以縮短培養酵母液的天數嗎？

## 研究五：探討縮短蘋果酵母液製程

研究問題：研究如何縮短蘋果酵母液收液時間

實驗設計：控溫箱溫度設定 28 度，每隔 24 小時打開一次透氣，並搖晃 50 次。

1. 新瓶新液：使用水，用乾淨的瓶子培養蘋果酵母液。
2. 新瓶舊液：使用一半放置一週的酵母液(舊液)，加入另一半水，用乾淨的瓶子培養蘋果酵母液。
3. 舊瓶新液：使用水，續用上次未洗過的瓶子(舊瓶)培養蘋果酵母液。
4. 舊瓶舊液：使用一半放置一週的酵母液(舊液)，加入另一半水，續用上次未洗過的瓶子（舊瓶）培養蘋果酵母液。

實驗材料：蘋果 100 克、葡萄糖 10 克。

新瓶新液：水 150 克、使用新瓶。
新瓶舊液：水 75 克、舊液 75 克，使用新瓶。
舊瓶新液：水 150 克、使用舊瓶。
舊瓶舊液：水 75 克、舊液 75 克，使用舊瓶。

培養方法：培養蘋果酵母液步驟如研究一，培養麵種步驟如研究二。

實驗結果：




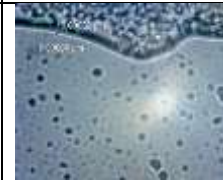
新瓶新液	新瓶舊液	舊瓶新液	舊瓶舊液
			
第四天	第四天	第四天	第二天

圖 18：酵母菌數量明顯變多時間比較





第二天				第三天				第四天				第五天			
															
新瓶 新液	新瓶 舊液	舊瓶 新液	舊瓶 舊液	新瓶 新液	新瓶 舊液	舊瓶 新液	舊瓶 舊液	新瓶 新液	新瓶 舊液	舊瓶 新液	舊瓶 舊液	新瓶 新液	新瓶 舊液	舊瓶 新液	舊瓶 舊液



表 3：不同蘋果酵母液每天酵母菌成長變化

實驗紀錄(108.01.22~108.01.25)

種類 時間	新瓶新液			新瓶舊液			舊瓶新液			舊瓶舊液		
	pH 值	糖度 %	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度 %	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度 %	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>	pH 值	糖度 %	CO <sub>2</sub> 體積 cm <sup>3</sup>
第一天	4.7	5.3	0	3.5	7.6	0	4.0	6	0	3.5	7.5	0
第二天	4.6	6	9	3.7	7.9	126	4	7	40	3.7	8	230
第三天	4.4	6.3	54	3.6	6.3	209	3.8	5.9	200	3.6	6.1	80
第四天	4.2	6.2	131	3.6	5	111	3.6	4.3	127	3.5	5	119
第五天	4.0	5	148	3.6	3	86	3.5	3	111	3.5	3.5	40.5

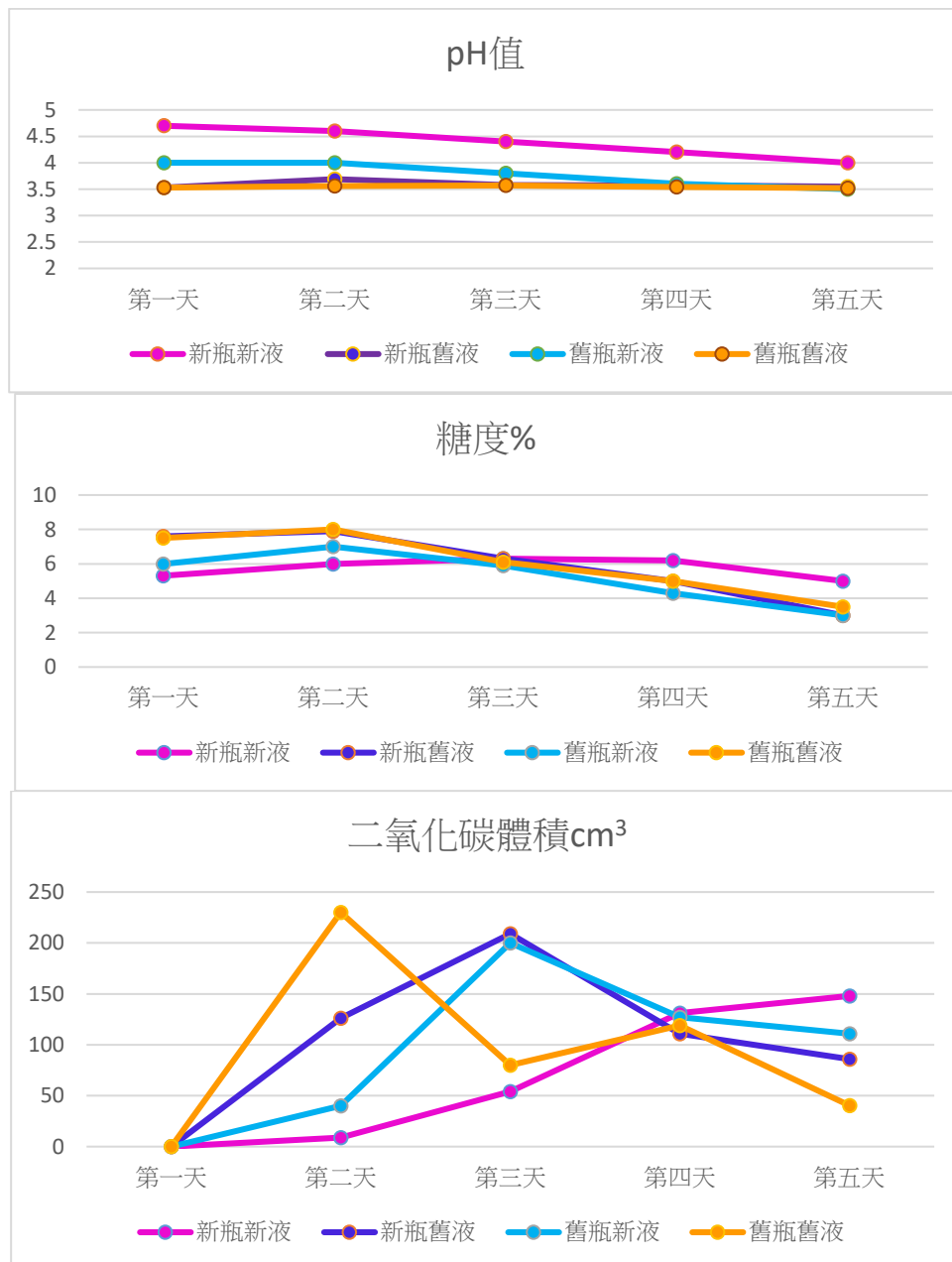


圖 20：糖度%、二氧化碳體積 cm<sup>3</sup>、pH 值(平均值)每天變化圖

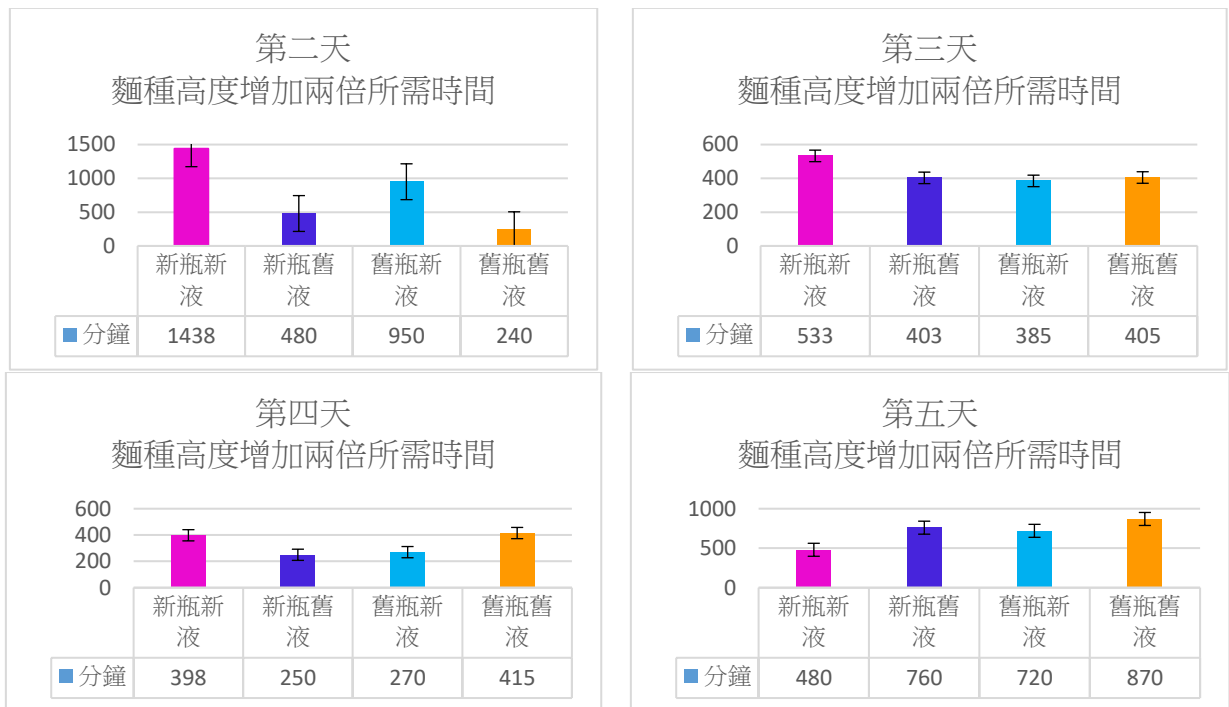


圖 21：收液麵種高度增加兩倍所需時間比較

實驗觀察：

- 1.pH 值除了新瓶新液組是隨著時間下降，其他三組則是第二天下降，到了第三天又上升一些但第四天卻又下降。各組糖度%則沒有明顯下降變化。
- 2.舊瓶舊液在第二天酵母菌就出現大量出芽分裂繁殖，並產出大量二氧化碳。新瓶舊液組和舊瓶新液組的酵母菌一開始就很多，到了第三天也出現大量出芽分裂繁殖。
3. 舊瓶舊液組在第二天就出現許多大泡泡和沉澱物，新瓶舊液組和舊瓶新液組在第 3 天後變成混濁並開始出現許多泡泡，第四天沉澱物更多。
- 4.舊瓶舊液組在培養第二天的酵母液，麵種高度增加兩倍時間比任何一組麵種都來的短只花費 240 分鐘，但第三天之後麵種高度增加兩倍高時間就開始越來越久。
- 5.新瓶舊液組在培養第四天的酵母液，麵種高度增加兩倍時間則比任何一組麵種都來的短，將新瓶舊液組和舊瓶新液組麵種對照研究四第七天酵母液的麵種(298 分鐘)發酵時間更短。

實驗結果：使用舊液舊瓶所培養蘋果酵母液只要最快一天的時間就可以使麵種快速發酵。

發現問題：

- 1.選擇舊液或舊瓶時，發生容器(羊奶瓶)太小，導致備用品在恆溫箱中爆炸。由於二氧化碳快速累積在瓶中，壓力也不斷增加導致爆炸。所以如果要選擇容器應該要考慮容量更大的使用。
- 2.為什麼舊瓶舊液、新瓶舊液和舊瓶新液麵種會比研究四第七天酵母液的麵種發酵時間更短？
- 3.是否有其他溶液可以取代蘋果酵母液？

### 研究六：探討不同的溶液是否可以取代蘋果酵母液

研究問題：研究其他溶液是否可以取代蘋果酵母液。

實驗設計：將麵粉和其他不同濃度的水溶液混合，觀察其變兩倍之時間。

實驗材料：麵粉 20 克及不同溶液(水、蘋果酵母、梅子醋、優酪乳、啤酒)各 20 克

表 4：不同溶液每天酵母菌成長變化 實驗紀錄(108.01.22~108.01.25)

品項	水	蘋果酵母	梅子醋	優酪乳	啤酒
pH 值	7	3.8	4.2	4.5	4.7
糖度%	0	3.5	5.8	12.5	5.9

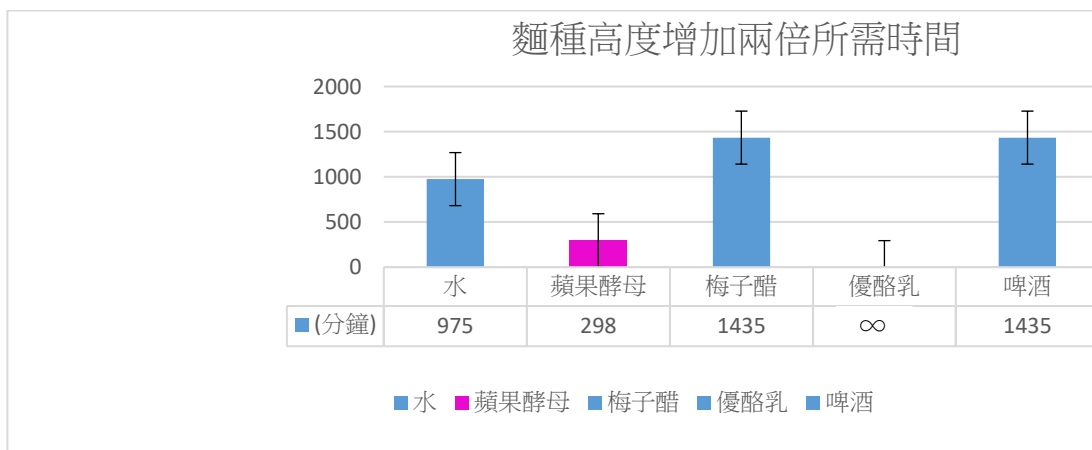


圖 22：不同溶液麵種高度增加兩倍所需要時間比較

實驗觀察：除了蘋果酵母液組麵種發酵至 2 倍高的時間最短外，水組、梅子醋組、啤酒組發酵麵種的孔洞偏少，優酪乳組放了 2 天還是長不高。

實驗結果：蘋果酵母液所培養的麵種活性最好，水次之，梅子醋、啤酒則比蘋果酵母液需要多花費 4 倍久的時間。

發現問題：為什麼優酪乳組做成的麵種會長不高呢？

## 研究七：探討不同種類的麵粉對麵種發酵影響

研究問題：研究不同種類麵粉對麵種發酵影響。

實驗設計：將 20 克的蘋果酵母液和 20 克的不同種類麵粉混合，利用縮時攝影機觀察並記錄麵種 2 倍高時間。

實驗材料：高筋麵粉、中筋麵粉、低筋麵粉、全麥麵粉。

實驗設計：

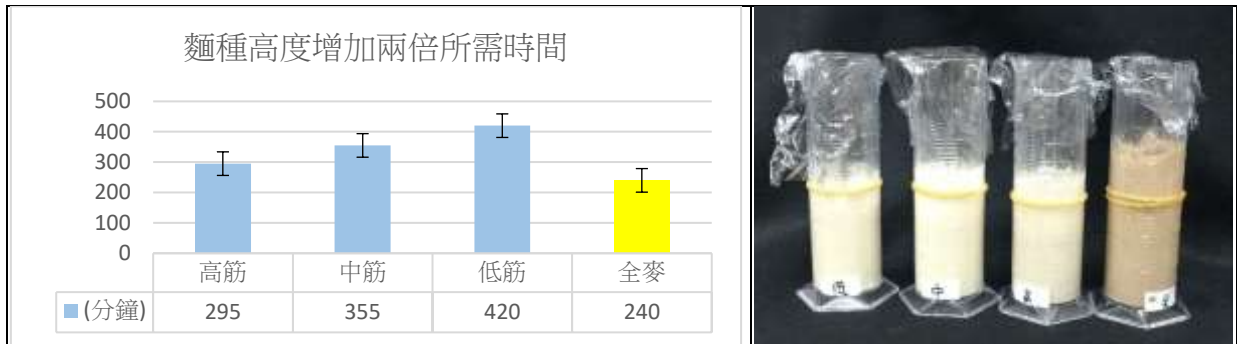


圖 23：不同種類的麵粉麵種發酵至 2 倍高比較

實驗觀察：

1. 攪拌的時候麵種的質感有些微的不同。全麥的顏色近咖啡色偏乾，低筋是半液態，中筋和高筋都很有彈性。
2. 全麥麵粉在很短的時間長到兩倍高，不過降得很快，再來才是高筋及中筋。**低筋則花很長時間到兩倍高。**

實驗結果：全麥麵粉在很短的時間長到兩倍高，但高筋麵粉的發酵力相對穩定，時間也是與全麥相差不遠。

發現問題：麵粉的成份對發酵時間會產生差異嗎？

## 研究八：如何製作酵母粉

實驗材料：蘋果酵母液、高筋麵粉

實驗設計：

1. 第一次蘋果酵母液 20 毫升，加入麵粉 20 公克，均勻攪拌至無粉狀態，靜置麵種增加 2 倍高。
2. 第二次再將已增加 2 倍高麵種取出 20 公克後，加入 10 毫升蘋果酵母液及麵粉 10 公克，均勻攪拌至無粉狀態，靜置麵種增加 2 倍高。
3. 第三次繼續將第二次麵種取出 20 公克後，加入 10 毫升蘋果酵母液及麵粉 10 公克，均勻攪拌至無粉狀態，靜置麵種增加 2 倍高。
4. 將蘋果酵母液加麵粉(1:1) 均勻混合等待麵種長高至兩倍高後，將麵種均勻鋪在托盤上，靜置 3-4 天，就可以放進研鉢研磨，製成酵母粉冷凍保存即可。

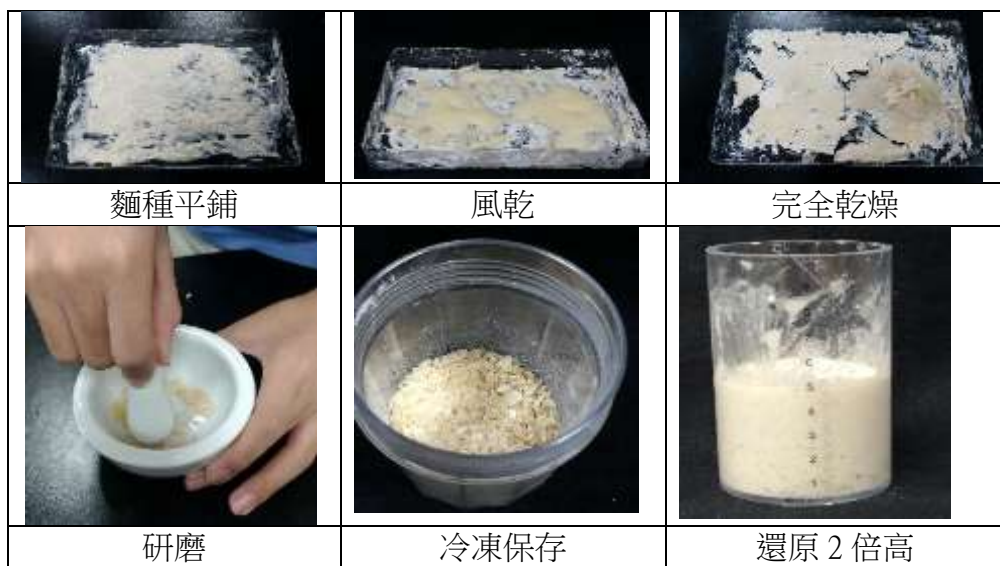


圖 24：製作酵母粉

實驗觀察：第一次麵種長高兩倍需要時間約為 6 小時內，但第二次及第三次麵種長高兩倍時間卻都在 4 小時內。

實驗結果：製作發酵力穩定的麵種一定要發酵三次，才適合做酵母粉。

發現問題：麵種發酵一定要經過三次培養嗎？

## 研究九：探討天然酵母、商業酵母麵種所製的麵包口感問卷調查

實驗設計：將天然酵母及商業酵母（純化過市售酵母）用麵包機做成的土司，利用盲測請學校的老師及同學品嚐，並用問卷填寫兩種土司口感，最後再依年紀及性別做分析。

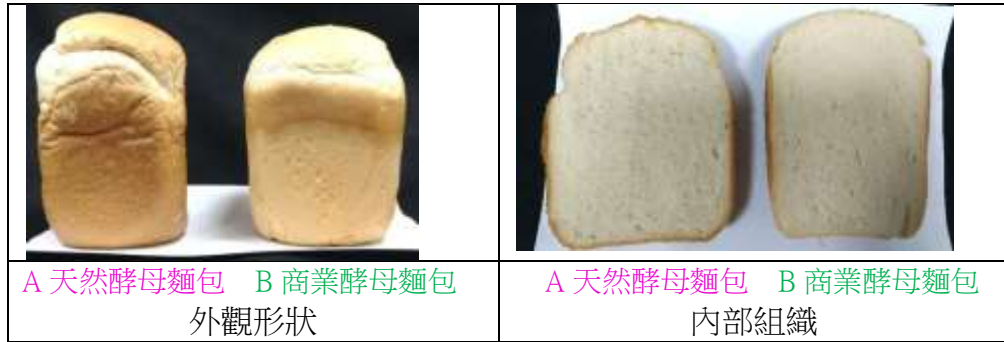


圖 25：天然酵母麵包與商業酵母的比較圖

問卷設計：

官能品評問卷		
<input type="checkbox"/> 男	<input type="checkbox"/> 女	
<input type="checkbox"/> 大人	<input type="checkbox"/> 兒童	
品項	A	B
聞起來味道比較香		
吃起來麵包鬆軟		
吃起來麵包咬勁		
想再吃的麵包		



圖 26：品評結果分析圖

實驗結果：66%的人覺得天然酵母麵包的味道比較香，59%的人吃起來覺得天然酵母較鬆軟，55%的人覺得商業酵母麵包比較有咬勁，51%的人會選擇天然酵母做的麵包。

發現問題：男性大人為何比較偏愛商業酵母麵包呢？

## 研究十：探討自製天然酵母成本計算

研究問題：研究以麵包機製作一份土司，所需要天然酵母麵種的成本。

實驗設計：研究八中天然酵母麵包所使用麵種 100 克，以研究四的實驗材料計算蘋果酵母液，及三次所培養麵種的麵粉計算。

實驗結果：

表 5:兩種酵母成本計算比較表

天然酵母		成本(元)	商業(純化)酵母	成本(元)
蘋果酵母液	蘋果 100 克	8 元	3 克	6 元
	水 150 克	3 元		
	糖 10 克	1 元		
麵種	麵粉 150 克	7.5 元		
總計		約 20 元	總計	約 6 元

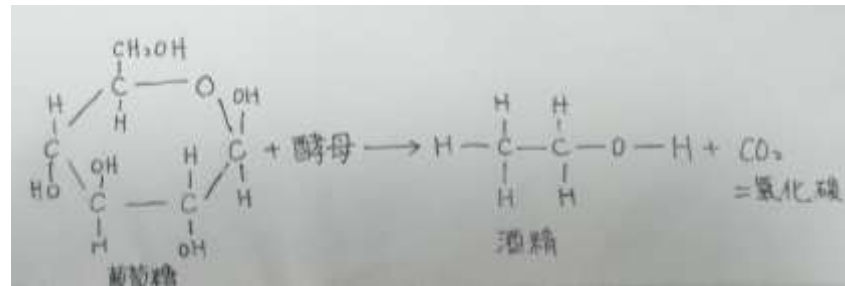
實驗討論：計算用麵包機製作一次土司需要用到的酵母成本，商業酵母成本約 6 元，天然酵母麵種約 20 元。

## 伍、討論

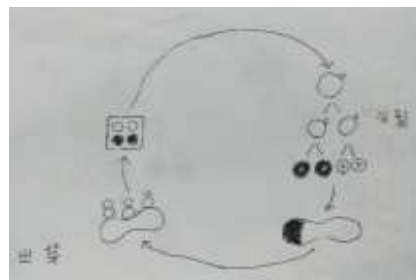
- 一、研究一中；我們發現蘋果果肉到第三天開始才產生褐變，打開瓶蓋時出現像汽水的聲響並出現氣泡，酵母液的顏色也開始漸漸變混濁，聞起來有淡淡的酒味。我們想知道那些衝出來氣體是不是二氧化碳，因為二氧化碳是代表酵母菌發酵的產物，於是使用澄清石灰水檢定二氧化碳。也想知道哪種糖及糖的不同重量是不是會影響酵母菌出芽繁殖，進而設計了以下的實驗。
- 二、研究二中；我們發現無糖的二氧化碳在第三天就大量產出，而蔗糖和葡萄糖卻到第四天才大量產出。查閱資料發現酵母菌是一種橢圓形單細胞微生物，當有足夠養份時會行出芽繁殖 (budding)。它是真菌的一種喜歡代謝各種醣類，它也是兼性厭氧的微生物，在有氧或無氧環境中均能生長繁殖的微生物。在有氧的環境中，酵母菌執行呼吸作用並將糖轉化為水和二氧化碳，由於呼吸作用的能量遠高於發酵作用可以加速酵母菌繁殖。所以無糖的蘋果酵母液一開始就產生大量的二氧化碳，酵母菌也快速出芽繁殖，但是等到蘋果本身糖份消耗完，就開始呈現停滯期不再產生二氧化碳和酵母菌。我們也發現已經呈現停滯期的無糖蘋果酵母液怎麼還可以使麵種長高呢？原來麵粉是由單糖組成，酵母菌釋出酵素（澱粉酶）去裂解澱粉形成葡萄糖，提供酵母



菌最基本的食物，但是無糖酵母液的酵母可能已經不活躍了，以致無法產生足夠酵素去裂解澱粉，所以無糖麵種發酵穩定性不是很高，發酵時間最長。



發酵程序



酵母菌出芽生殖方式

三、研究三中；為何酵母液中糖的比例多寡會影響麵種發酵的時間？查閱資料發現酵母菌體內的細胞膜是半透明膜，即具有滲透作用，外界濃度的高低直接影響酵母菌之發酵活力，高濃度的糖都足以抑制酵母菌之發酵，因為外界物質濃度高時酵母菌體內細胞質滲出細胞膜，當細胞質分離酵母菌因此破壞而無法生存，當然也有些酵母可耐滲透壓高的環境，在高濃度之溶液下可以生存及發酵。所以研究三中蘋果酵母液 20 克的葡萄糖這組雖然觀察到有許多酵母菌但都不活躍，應該是糖濃度太高抑制到麵團的酵母菌活動力，以致發酵時間較長。

四、研究四中；我們發現蘋果酵母液的培養期要經歷七天，查閱資料發現酵母菌有二期成長，第一期蘋果酵母液的酵母菌吸收葡萄糖，讓它可以快速成長，當葡萄糖被用盡時，酵母菌就會進入第二期釋放酵素裂解澱粉進行成長。實驗中第七天的酵母液所培養的麵種是出芽繁殖最多的酵母菌，它可以在最短的時間內裂解澱粉產生二氧化碳使麵種長高兩倍。

五、研究五中；我們發現舊瓶舊液組在第二天大量出芽、分裂繁殖是因為舊液原本就有大量酵母菌，在加入糖及蘋果後使酵母菌有充足的食物產生反應，讓產物二氧化碳快速增加，麵種高度增加兩倍時間（約 240 分鐘）。新瓶舊液

- 或是舊瓶新液也在第四天時，酵母菌很活躍數量也變很多，麵種高度增加兩倍時間（約 270 分鐘）也比研究四第七天的酵母液麵種時間(530 分鐘)更短。
- 六、研究六中；任何溶液都可以使麵種長至兩倍高只是時間長短，唯有優酪乳無法使麵種長高兩倍。在微生物的世界中強勢的菌種是會淘汰弱勢菌種，優酪乳裡面有大量的乳酸菌，這會使酵母菌不易生存。我們也觀察到優酪乳的糖度%高達 12%，這比研究中三葡萄糖 20 克組糖度 10%更高，所以可能優酪乳的糖度濃度太高抑制或殺死酵母菌。
- 七、研究七中；我們發現全麥麵粉的麵種發酵時間是最短的，查閱資料發現穀物表皮存有大量酵母菌，全麥麵粉屬整粒研磨的小麥穀物保留完整的表皮，以至全麥麵粉本身就有大量酵母菌，當活力十足的蘋果酵母液有足夠的酵素，碰到全麥麵粉後立刻裂解澱粉產生更多酵母菌所需要的葡萄糖，以致全麥麵種發酵能力最好。麵粉的筋性以穀物的萃取率來區分，萃取率愈低代表筋性愈低。所以高筋麵粉是較屬於較不精緻萃取率較高的麵粉，所保留的酵母菌也較多。
- 八、研究八中；我們發現要製作酵母粉必須經過三次麵種的培養，才會形成穩定的麵種。查閱資料發現麵種裡的酵母菌活性愈好，更會排放大量酒精，抑制或殺死許多微生物，更加上會耗氧；讓許多耗氧的微生物無法生存，經過幾個生命週期就形成優勢菌種。因此要培養穩定有活力的酵母粉一定要經過至少三次的麵種培養。
- 九、研究九中；在聞起來味道比較香的品項中發現大部份女性大人、男性兒童及女性兒童都覺得天然酵母麵包比較香，在生活經驗中喜歡擦香水以女性偏多，兒童的嗅覺也比大人靈敏，於是我們推測與女性及兒童對味道的敏銳度有關，所以較能感受到香味的差別。男性大人為何比較偏愛商業酵母麵包呢？經訪問男性大人為何不選擇天然酵母的麵包，綜合他們的說法是天然酵母麵包有股淡淡的酸味。查閱資料後發現麵包烘烤後產生揮發性的氣味，有醇類、酸類及酮類的化合物。我們所製作的天然酵母麵包因為在溫度 40 度中發酵，時間較商業酵母時間長，乳酸菌變多所以產生更多的酸性化合物。改進麵包酸味的方法可以用低溫發酵，乳酸菌在低溫中會休眠不會繁殖，所以可以將麵團置於冰箱發酵可以使天然酵母麵包的酸味降低，風味層次更明顯。我們也發現男性大人在口感上偏好有咬勁的商業酵母麵包，我們推測與

男性大人喜歡吃有飽足感的食物有關，天然酵母做的麵包較鬆軟容易吞嚥，無法滿足男性大人喜歡大口咀嚼的習慣，於是在男性大人品評結果，可以很明顯看到天然酵母麵包與商業酵母的差異。

- 十、研究中；我們估計一次麵包機可以做出土司所需要的天然酵母成本，大約 20 元，是商業（純化）酵母成本的 3 倍多。雖然成本較高但是天然酵母麵包產生的香氣酵母味及水果味卻是無價！

## 陸、結論

- 一、本實驗讓我們知道培養天然酵母必須使用單糖做為酵母菌的食物，酵母菌有了足夠的糧食會大量出芽繁殖，並分泌足夠的酵素裂解大量的澱粉（麵粉）進而轉化成單糖，產出大量二氧化碳使麵種發酵，但是要維持麵種發酵的穩定度，就要使用適當比例的糖。糖份不足酵母液在麵種的培養會產生發酵時間太長，發酵不穩定。糖份過多又容易抑制酵母菌生長，麵種一樣無法發酵完全。酵母液的培養一定要經歷七天的生長期，如果要縮短時間就可以使用舊瓶舊液最快可以縮短一天，使用新瓶舊液或是舊瓶新液，最慢四天也可完成蘋果酵母液培養。
- 二、在家裡輕鬆做天然酵母（以下比例以家用麵包機為主）
- 步驟 1：所有使用的容器必須經過煮沸消毒 5 分鐘。
- 步驟 2：蘋果：水：葡萄糖（10:15:1），食材放置約七分滿的容器最佳，每日打開蓋子搖晃，置於自製發酵箱(研究一)設定 28 度七天。
- 步驟 3：培養天然麵種是用蘋果酵母液：高筋麵粉(1:1)的比例，連續培養三次麵種。
- 第一次使用製作七日蘋果酵母水 100 毫升，加入麵粉 100 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察靜置麵種長高兩倍高。
- 第二次取出 100 公克第一次麵種，加入 50 毫升酵母液及麵粉 50 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種長高兩倍高。
- 第三次再繼續取出第二次 100 公克麵種，加入 50 毫升酵母液及麵粉 50 公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種長高兩倍高。即可以用 200 克天然酵母麵種使用。

步驟 4：天然酵母麵種比例約製做麵包的麵粉和水的三分之一，如果麵包機配方：原本麵粉 300 克和水 150 克，加入 100 克麵種後，就須將配方改為麵粉 250 克和水 100 克。

步驟 5：天然酵母麵種適合**低溫發酵**，再烘烤。

三、一開始培養酵母液時，在第三天時就產生白色塊狀黴菌，於是整個實驗過程我們用高溫煮沸容器，連測量二氧化碳的汽球也用酒精消毒就怕滋生黴菌。我們參閱資料發現蘋果是水果中培養酵母液發酵表現最穩定的，而且四季都買得到蘋果，所以選擇蘋果做為酵母液基材。培養麵種時使用全麥麵粉能使發酵時間縮短，但全麥麵粉顏色偏咖啡色，研究發現**高筋麵粉**也是很好的替代品。



發霉的酵母液

四、我們發現蘋果酵母液製做完成若無法即使用完，大約冷藏一週後取出蘋果酵母液，會因為酵母菌食物短缺而活性降低，我們可以利用原本的瓶子，利用舊液直接加入蘋果、葡萄糖及開水（參考研究五舊瓶舊液比例），一天後蘋果酵母液又開始又開始產生二氧化碳活躍起來，即可以製作麵種。

五、未來努力的方向，可以再嘗試開發更多可以縮短培養酵母液天數的食材。也可以融入食農課程，讓大家可以知道整個麵包製作過程及發酵的原理。

## 柒、參考文獻

- 一、吳家麟(2017)。火頭工說麵包、做麵包、吃麵包。台北市：聯經。
- 二、蜜塔木拉。自製天然酵母粉。<https://cookpad.com/tw/食譜/2065249-自製天然酵母粉>。
- 三、陳國勝(2011)。100%天然蔬果麵包書。新北市：膳書房文化。
- 四、陳品瑄、沈天愛、李宇捷、馮康睿，水果微酵 努力起酵，（第 54 屆中小學科展）。
- 五、張閔嵐、賀瀚諶、黃琇敏、陸敬文，礁澳仁深—不同水的水對麵包香氣及微生物之影響，（第 50 屆中小學科展）。

## 捌、感想

甲生：本次科展，我學到了如何以最短時間做出健康又美味的天然酵母麵種，我發現酵母菌喜歡吃單糖(例如葡萄糖)，雖然無糖酵母液一開始的氣球是最大的，是因為瓶子中的氧氣較多，因此酵母菌產生好氧狀態，排放出較多的二氧化碳。到了後期，水果中的糖分都沒了，酵母菌沒飯吃了，所以無法再製造二氧化碳了。反而葡萄糖成了氣球最大的。進入了麵種階段，酵母菌還是因氧氣的關係，形成好氧狀態，然後排放二氧化碳，把麵團往上撐，才能到達二倍高。我覺得這次科展真是一舉兩得，技能學到專業的知識，亦能吃到好吃又天然的麵包。

乙生：我覺得參加科展很開心，可以做很多實驗，學到很多有關酵母菌的事，像：酵母菌吸收單糖的速度比較快，但無糖也可以讓酵母菌存活；收液時間太快或太短都不行，要適當的時間，發酵速度才最快；麵粉也會影響酵母菌成長，像全麥天然成分較多，使發酵速度加快，而低筋麵粉因多次精鍊，無法快速發酵；麵包的口感，味道有微微的水果酵母味，軟硬度也比較軟，所以勝於商業酵母。

丙生：這次的科展讓我學到：酵母菌的細胞膜是一種半透膜，裡外的壓力如果不同，可能導致酵母菌被撐爆，所以糖度的比例很重要。自製的簡易發酵箱只需要一千到三千元不等，就可以控制培養酵母液及麵種的溫度。科展實驗中，我發現一個團隊一定要有紀錄者、實驗者、協助者、隊長以及老師，只要有這幾個人，做實驗就會順利。我覺得做科展是一件快樂的事，我心中一直有一個理念：不要只在乎結果，要懂得享受過程。

## 【評語】 080312

1. 研究主題貼近生活，能利用簡單方法製作天然酵母，具應用價值。觀察記錄仔細，實驗設計具系統性，控因及變因清楚、適當及完整。
2. 結果呈現清楚，適當地應用數學及統計方法，分析其差異性。研究過程中能適時提出問題，值得鼓勵。
3. 應針對問題設計新實驗予以驗證，與相關文獻進行相互探討。
4. 建議未來應該可專注某個問題做更聚焦探討。相信可以有更好的研究成果。



我們設計控制溫度在28度的發酵箱，研究蘋果酵母液使用哪種糖、糖的重量比例及幾天收液是最佳時間等，來探討蘋果酵母菌的生長影響。利用舊瓶或是之前的酵母液探討是否可縮短培養蘋果酵母液的期限，也試著用不同溶液替代蘋果酵母液，並做成麵種觀察酵母菌在麵粉的發酵情形。綜合以上實驗結果設計出蘋果：水：葡萄糖（10:15:1）放置七天的蘋果酵母液，再用蘋果酵母液：高筋麵粉(1:1)是最容易在家做天然酵母麵團的成份比例。利用麵包機做出天然酵母麵包跟商業酵母麵包，以盲測口感問卷調查出大部份的人比較是喜歡天然酵母麵包的風味，也估算出天然酵母麵包所需要天然酵母麵團的成本。最後我們將麵種自然風乾製成酵母粉冷凍保存，加水還原後，仍可以恢復酵母菌的活性。

## 壹、研究動機

自從媽媽買了麵包機就自己動手做麵包，但總是覺得有一股特別的味道跟坊間的麵包店就是不一樣，後來和老師討論後才知道，酵母有天然酵母和商業酵母的分別。一般在家裡製作麵包是使用商業酵母做為發酵食材，坊間的麵包店則因為添加天然酵母吃起來就特別好吃。我們就試著想設計一套在家裡可以容易培養天然酵母的方式。

## 貳、研究目的

- 研究一：探討蘋果酵母液的作法
- 研究二：探討不同種類的糖對蘋果酵母菌生長的影響
- 研究三：探討葡萄糖不同重量對蘋果酵母菌生長的影響
- 研究四：探討蘋果酵母菌最佳收液時間
- 研究五：探討如何縮短蘋果酵母液製程
- 研究六：探討不同的溶液是否可以取代蘋果酵母液
- 研究七：探討不同種類的麵粉對麵種發酵影響
- 研究八：如何製作酵母粉
- 研究九：探討天然酵母、商業酵母麵種所製的麵包口感問卷調查
- 研究十：探討自製蘋果天然酵母成本計算

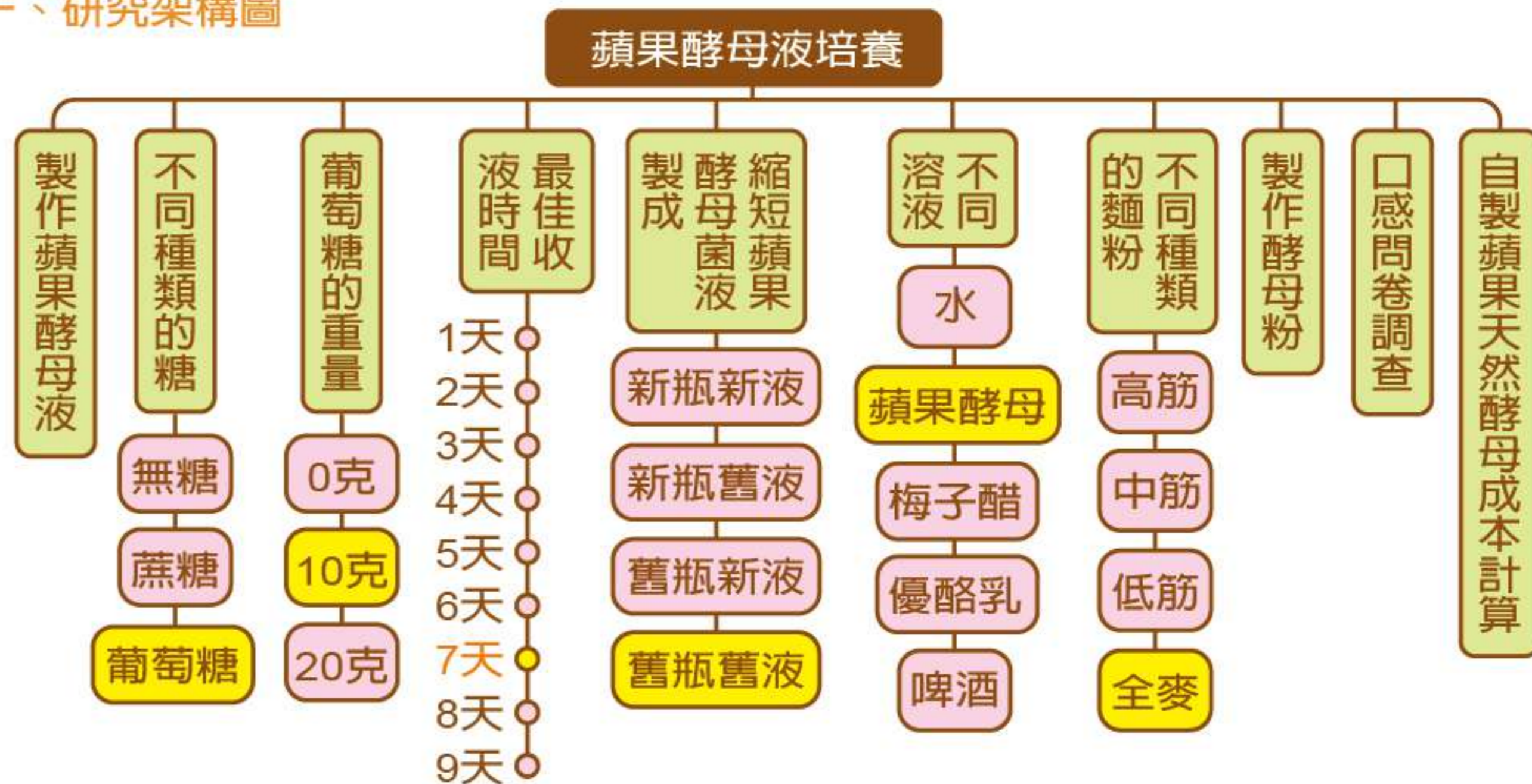
## 參、研究設備及器材

- 一、實驗器材：**  
生物顯微鏡、平板電腦、縮時攝影機、各式容器、糖度計、pH計、燒杯、溫度計、磅秤、麵包機。
- 二、實驗材料：**  
蘋果、葡萄糖、砂糖、麵粉、優酪乳、啤酒、梅子醋。



## 肆、研究過程、方法和內容

### 一、研究架構圖



### 二、研究方法、結果及討論

#### 研究一：探討蘋果酵母液的作法

##### (一) 製作蘋果酵母液

第一天蘋果顏色新鮮及溶液呈現清澈。	第三天有出現褐變及大泡泡，並有酒味。	第五天底部出現一圈白色沉澱物，蘋果果肉崩解沉入底部。	第七天大泡泡開始變少，溶液更混濁。

##### (二) 蘋果酵母菌麵種培養

表面有大泡泡很緩慢在吹氣，不時也會有其他小泡泡冒出。	用湯匙把蘋果酵母麵種輕輕由杯壁拉下，呈現絲狀。	取出一些麵種時，麵團完全不沾黏瓶子，很輕鬆拿出整團麵團。

#### 研究二：探討不同種類的糖對蘋果酵母菌生長的影響

研究問題：研究無糖、雙糖(蔗糖)、單糖(葡萄糖)對蘋果酵母菌的影響。

(1) 實驗材料：蘋果100克、水150克、不同種類的糖25克。

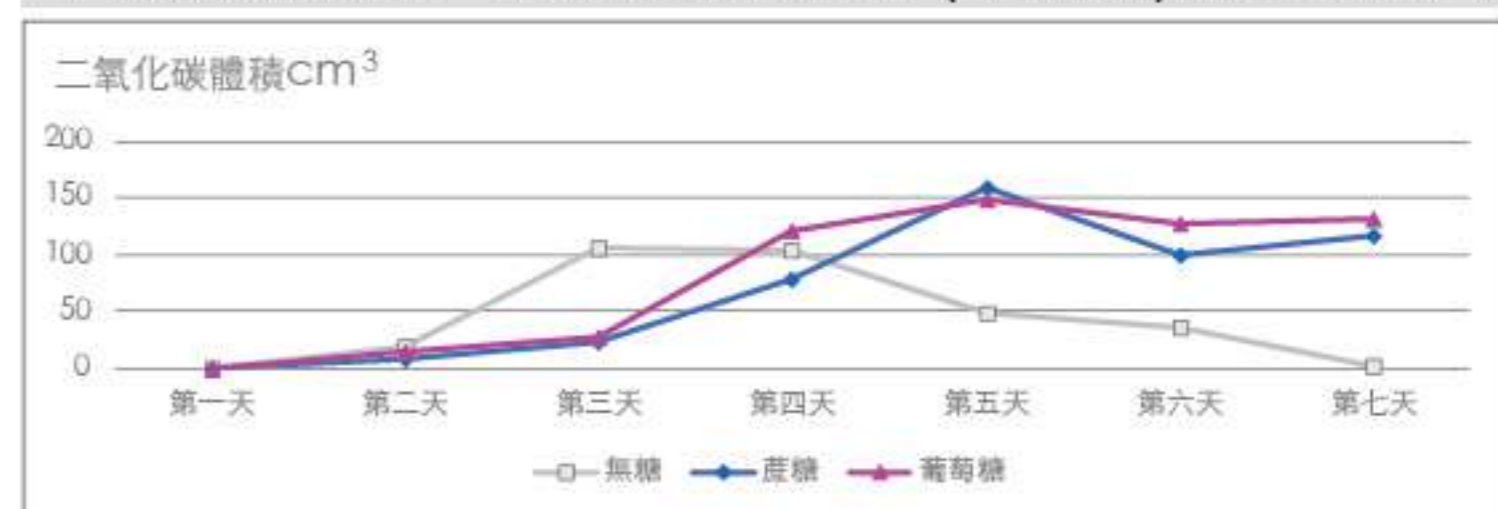
(2) 實驗結果：不同種類的糖酵母菌每天繁殖變化(單位: 10 $\mu$ m)

無糖	蔗糖	葡萄糖
無糖組第三天時酵母菌明顯變多，並大量產生分裂出芽繁殖現象，隨著時間愈長酵母菌則慢慢變成獨立個體不再繁殖。	蔗糖組也是到第五天出現酵母菌大量繁殖的現象，一直持續到第七天酵母菌還是不停分裂出芽繁殖。	葡萄糖組前四天並沒有大量的繁殖現象，直到第五天開始出現大量的分裂出芽繁殖。

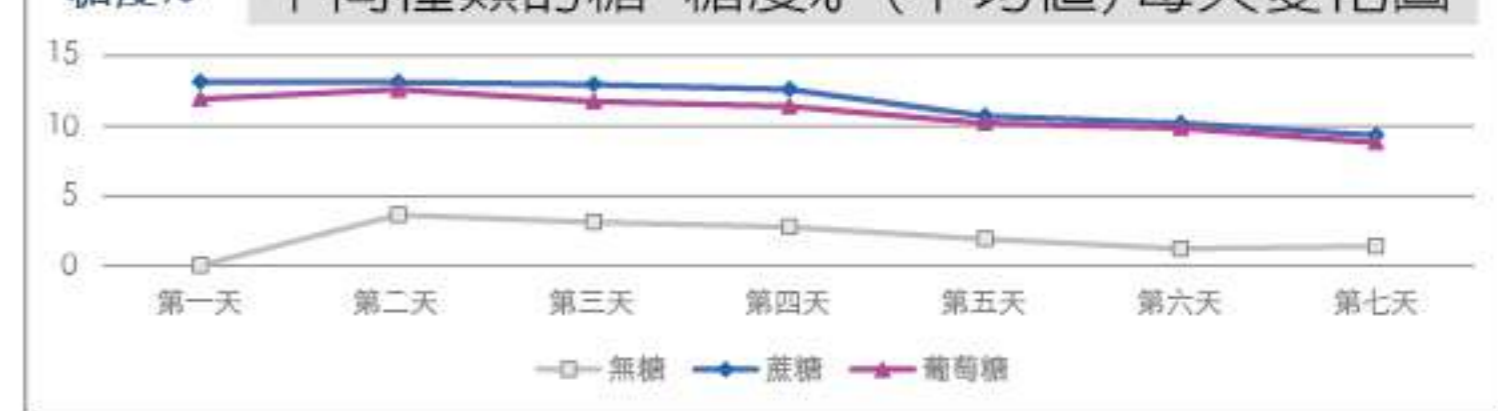
將氣球置於水中，平均施力於上蓋，將氣球壓入水中。	用滴管吸起溢出的水。	使用量筒測量溢出的水量。扣除氣球體積即是二氧化碳體積。	將澄清石灰水倒入氣球內搖晃。	倒入試管出現澄清石灰水混濁代表氣球內氣體是二氧化碳。
測量二氧化碳體積			檢測二氧化碳氣體	



不同種類的糖 二氧化碳體積cm<sup>3</sup>(平均值)每天變化圖

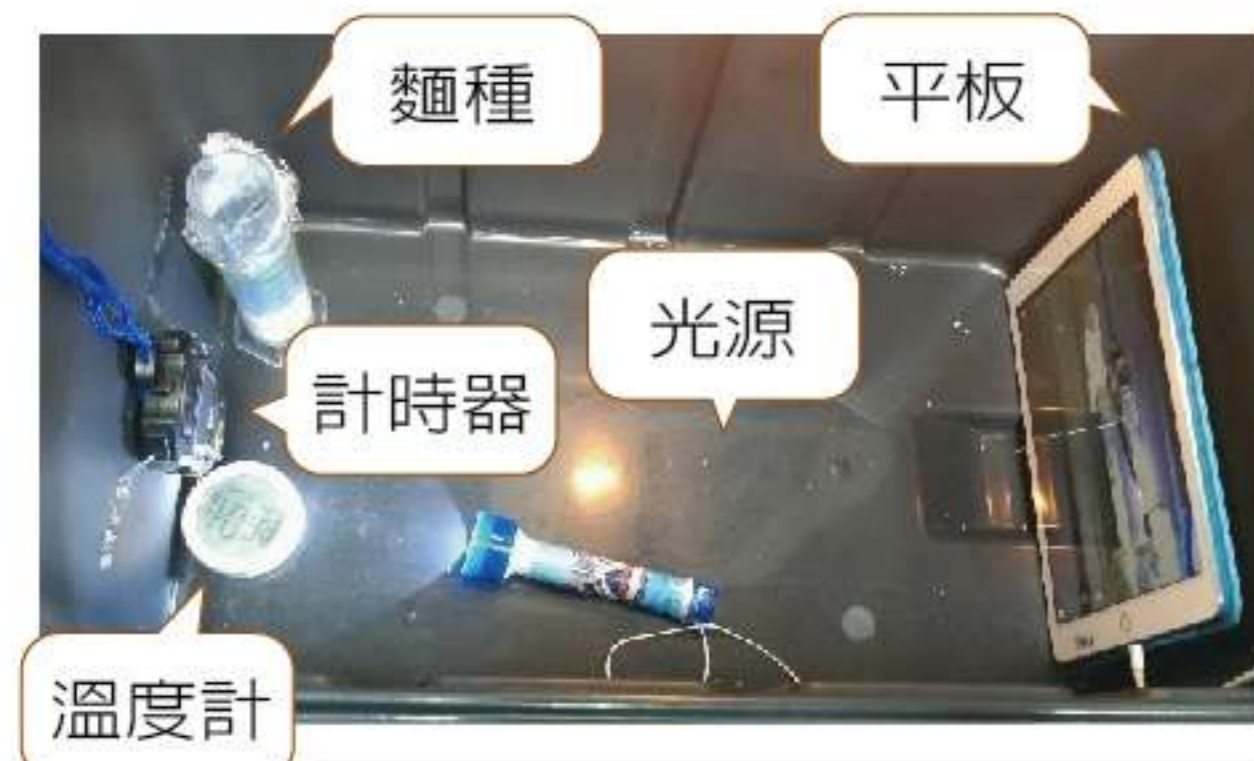


糖度% 不同種類的糖 糖度% (平均值) 每天變化圖



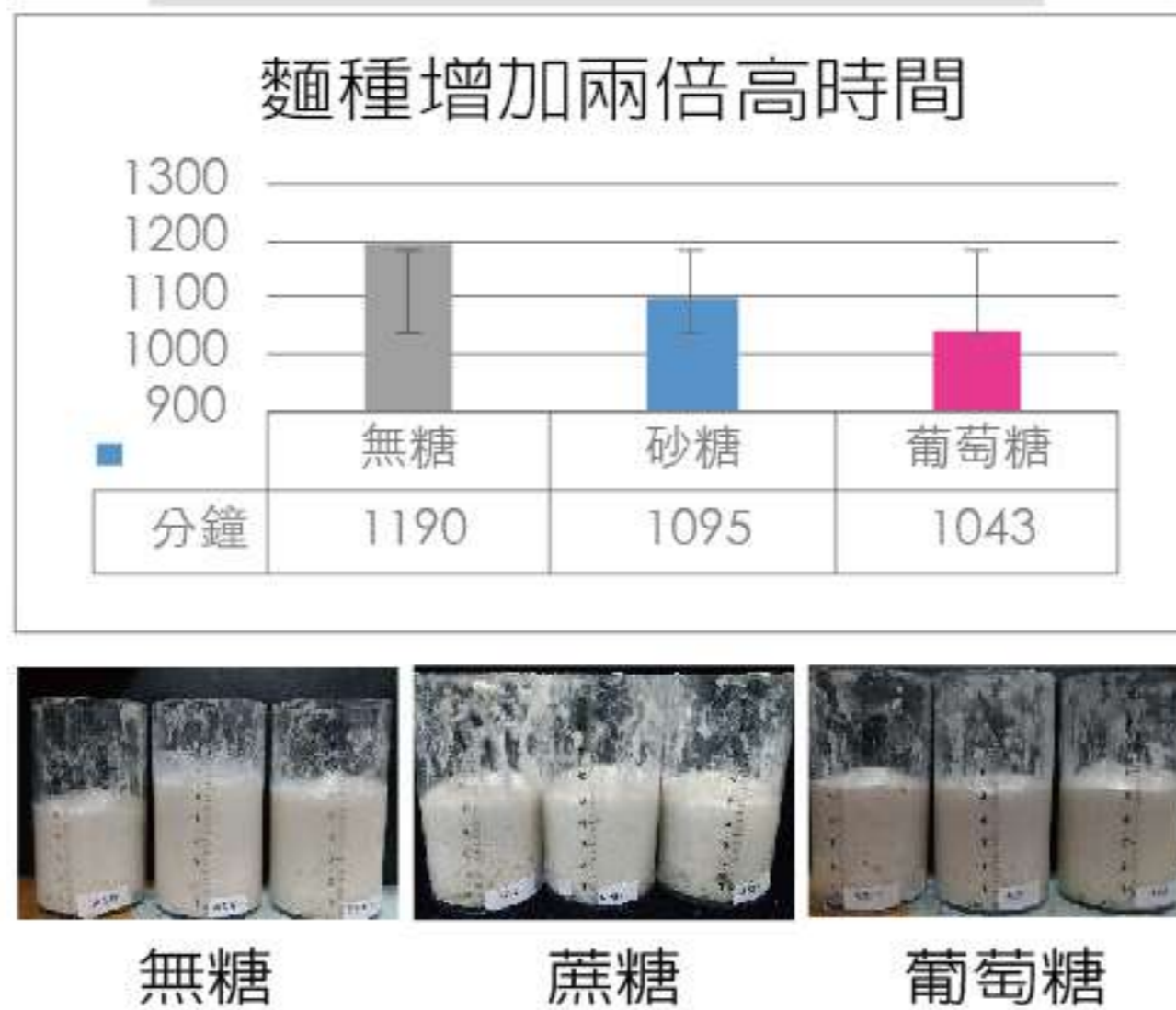
#### 培養麵種觀察發酵程度

實驗材料：  
3組蘋果酵母液20克、高筋麵粉20克。



拍攝麵種增加高2倍時間設備圖

#### 麵種高度增加兩倍所需時間比較



#### 實驗結果：

葡萄糖是培養酵母菌最佳的糖類，以下的實驗將以葡萄糖作為實驗基材。

#### 發現問題：

1. 單糖和雙糖對酵母液的培養上沒有很顯著的差異，倒是無糖可以很明顯看出酵母菌將蘋果本身糖份消耗後，就有開始減弱等現象。
2. 無糖的二氧化碳一開始就大量產出，為什麼蔗糖組和葡萄糖組卻過一段時間才出現呢？
3. 做麵包主要看麵團發酵的程度，所以要製成麵種看發酵情形判斷酵母菌的活性。已呈現停滯期的無糖組蘋果酵母液怎還可使麵種長高呢？
4. 糖的比例是否也會影響蘋果酵母菌生長呢？

### 研究三：探討葡萄糖的重量對蘋果酵母菌生長的影響

研究問題：研究葡萄糖的重量比例對蘋果酵母菌生長的影響

實驗結果：

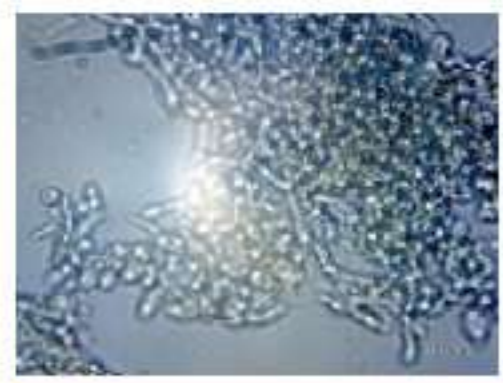
葡萄糖不同重量的酵母菌每天繁殖變化



葡萄糖0克組出現大量的酵母菌在第二天，第三天、第四天則出現大量出芽、分裂，一直到第五天後繁殖行為就沒有那麼活躍了。

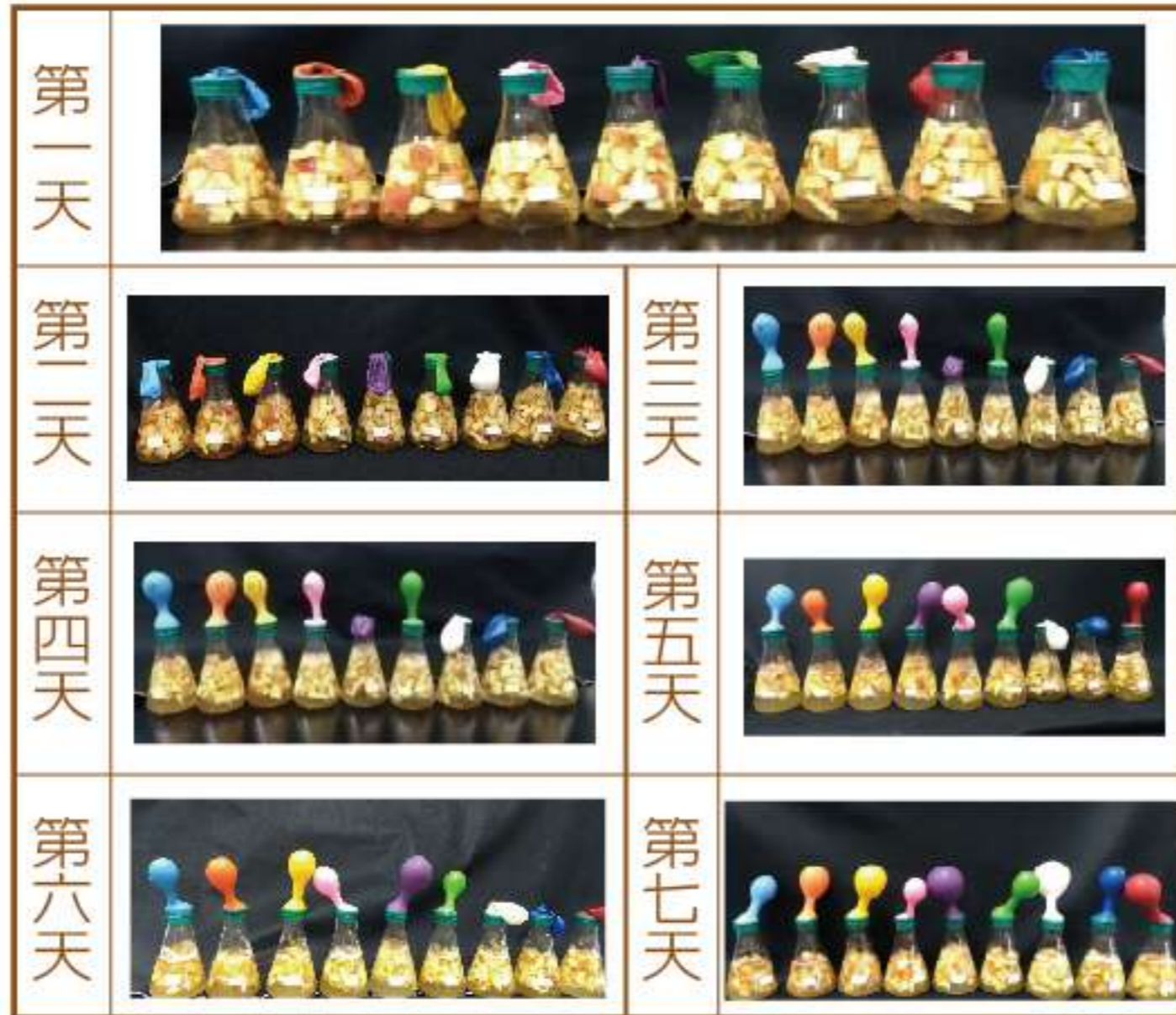


葡萄糖10克組在這七天中除了第一天外，其它天都有大量出芽、分裂的繁殖行為。



葡萄糖20克組在第一天的酵母菌密度比較高，但到了第二天之後酵母菌數量就明顯變少，直到第四天後發現又開始出芽、分裂繁殖變多。

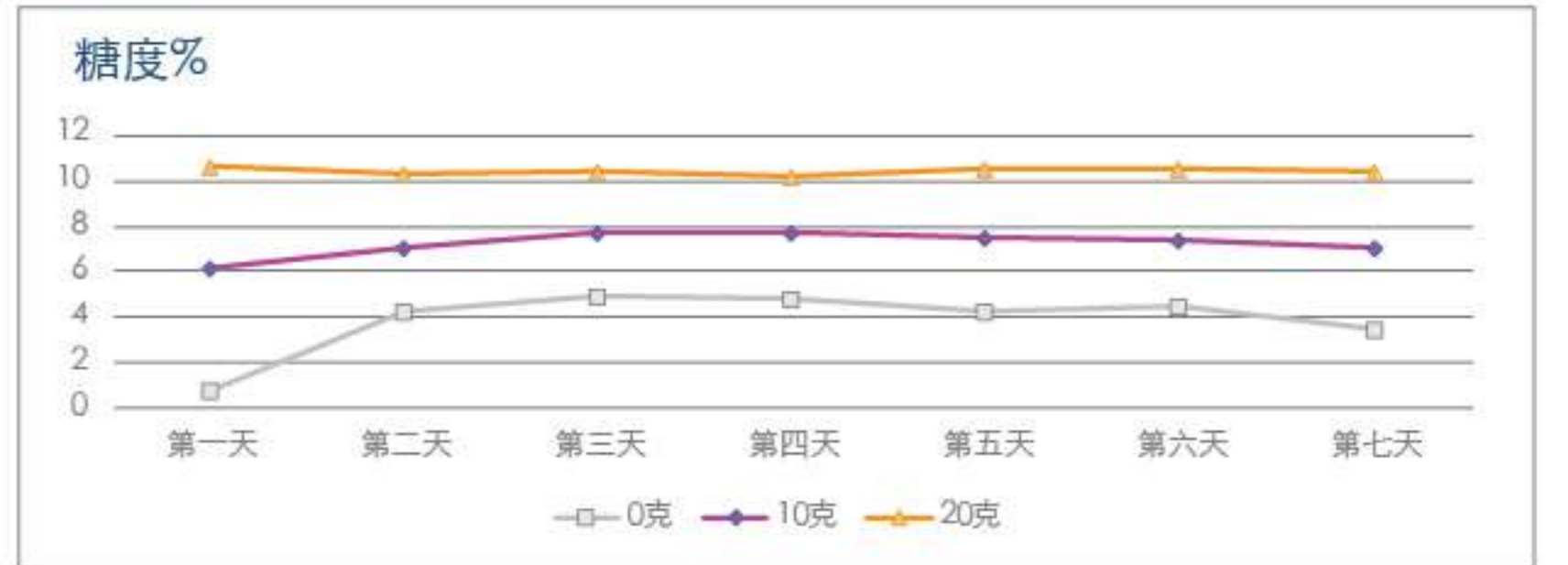
葡萄糖不同重量的二氧化碳增減變化



葡萄糖不同重量的酵母菌二氧化碳體積cm<sup>3</sup>(平均值)每天變化圖



葡萄糖不同重量的酵母菌糖度%(平均值)每天變化圖



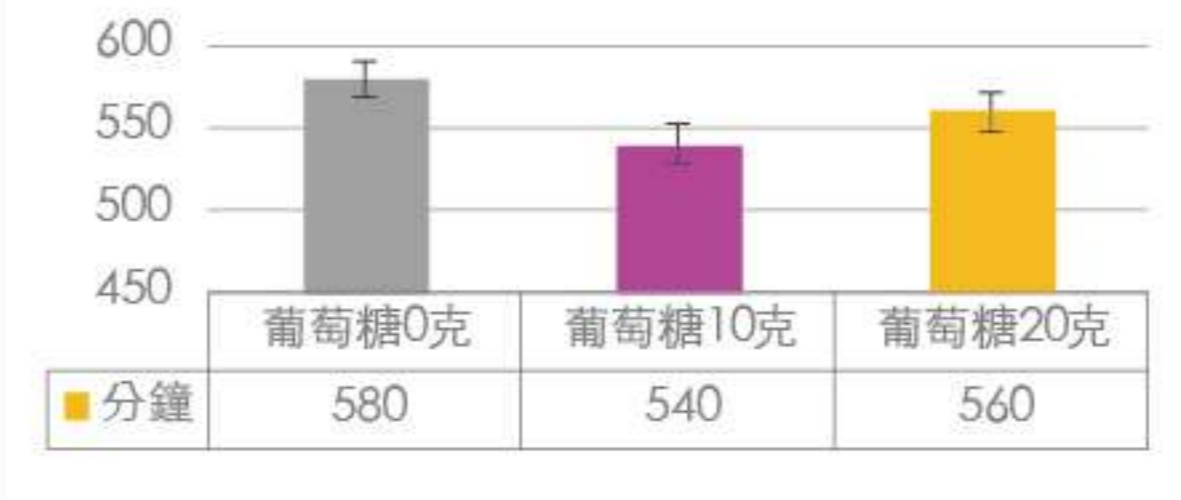
培養麵種觀察發酵程度

實驗材料：

三種不同重量的葡萄糖(葡萄糖0克組、葡萄糖10克組、葡萄糖20克組)酵母液、高筋麵粉。



麵種高度增加兩倍所需時間



實驗結果：

葡萄糖10克是最佳的糖重量。以下實驗以蘋果和葡萄糖(10:1)為實驗基材。

發現問題：

1. 蘋果酵母液中糖的比例，為何會影響麵種發酵的時間？
2. 哪一天是培養蘋果酵母液的最佳收液日？

### 研究四：探討蘋果酵母液最佳收液時間

研究問題：研究蘋果酵母液最佳收液時間

酵母菌每天繁殖變化

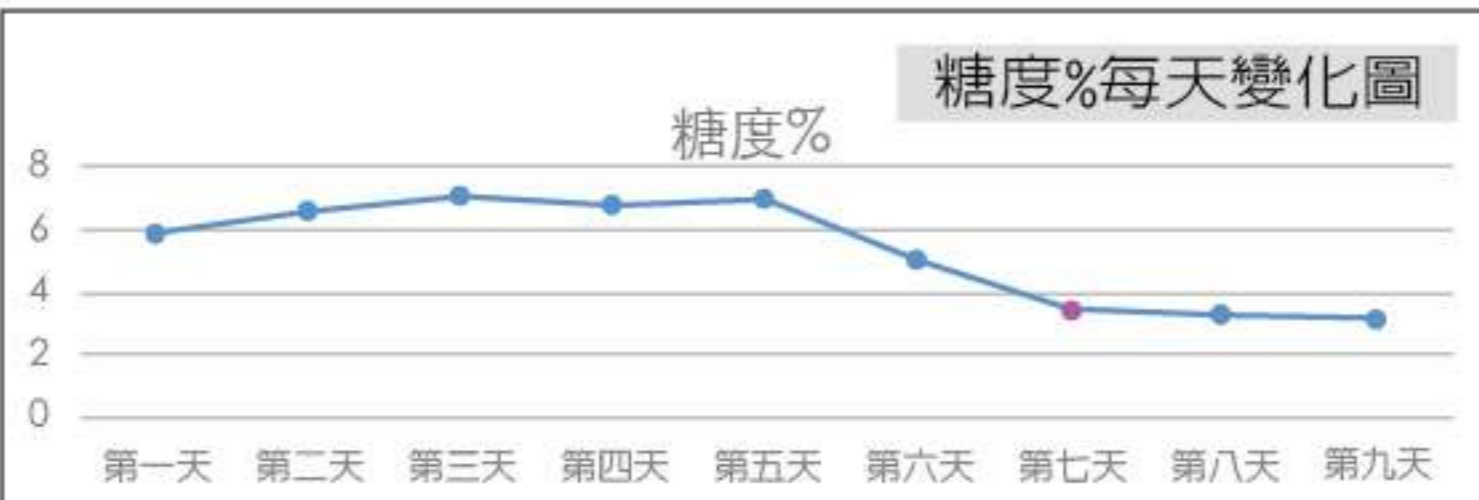
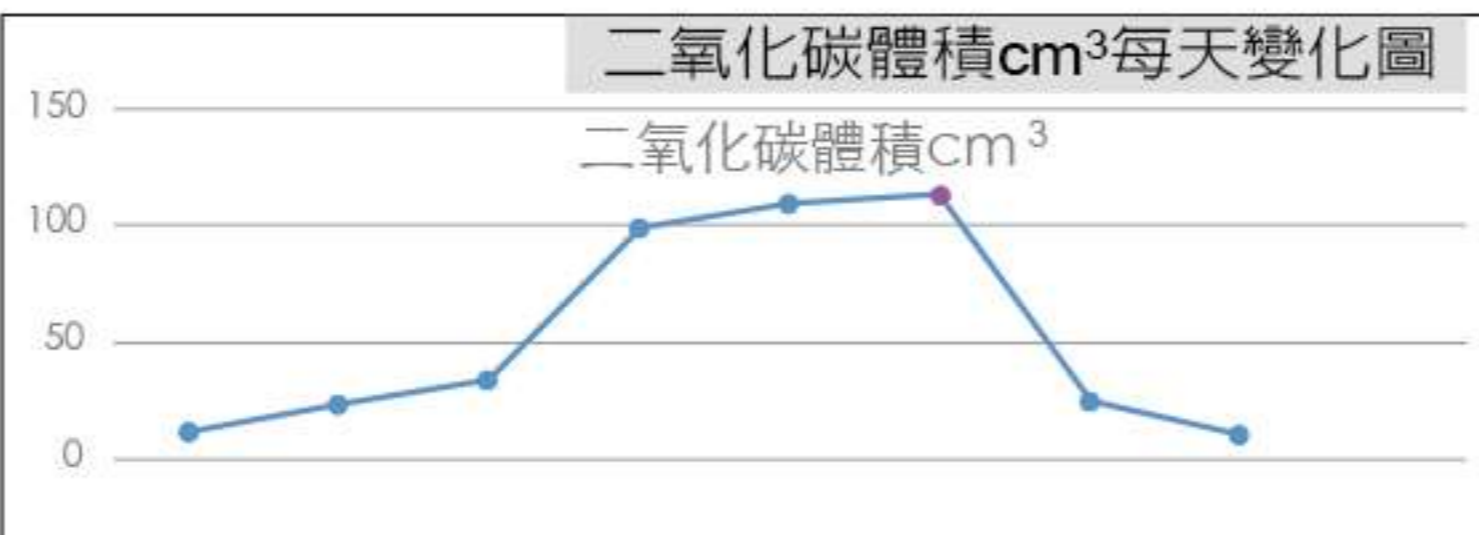
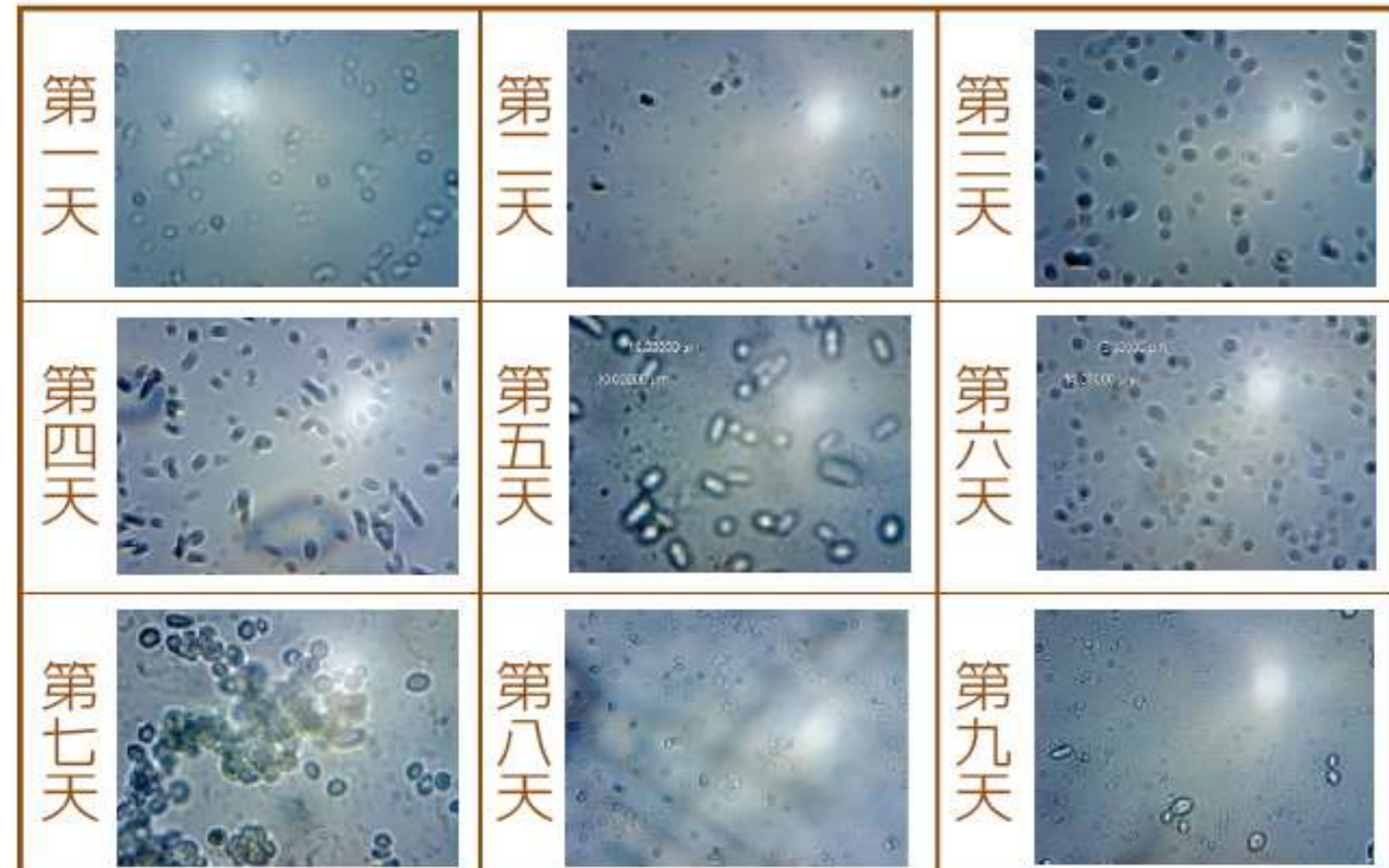
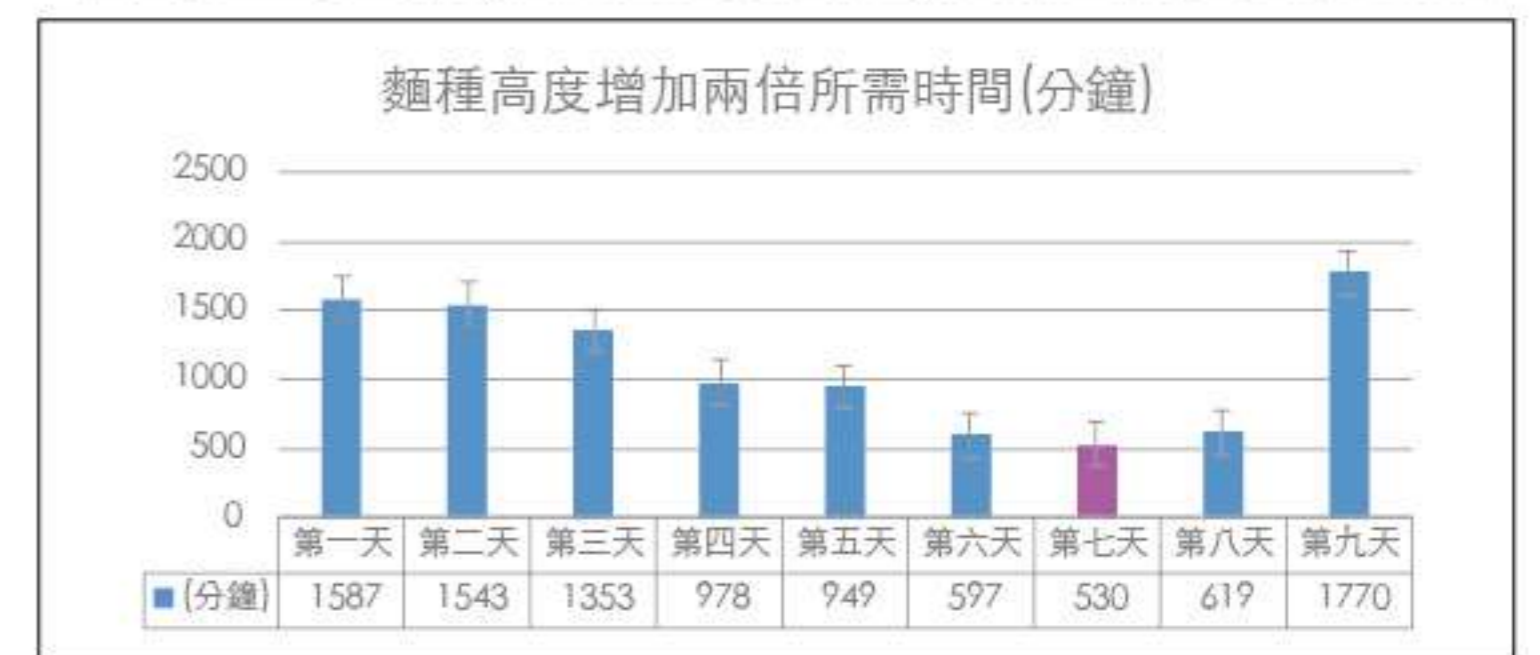


圖17: 每天收液麵種高度增加兩倍所需時間比較



實驗觀察：

第2天和第3天明明只差1天，長到2倍高的時間卻差很多。這證明了天然酵母液培養至少要3天以上。最佳活性的酵母液需要培養7天，到8天的酵母液活性就開始愈來愈低。

實驗結果：

蘋果酵母液最佳收液時間為第7天。

發現問題：

有什麼方法可以縮短培養酵母液的天數嗎？

### 研究五：探討縮短蘋果酵母液製程

研究問題：研究如何縮短蘋果酵母液收液時間

實驗材料：蘋果100克、葡萄糖10克。

新瓶新液：水150克、使用新瓶。

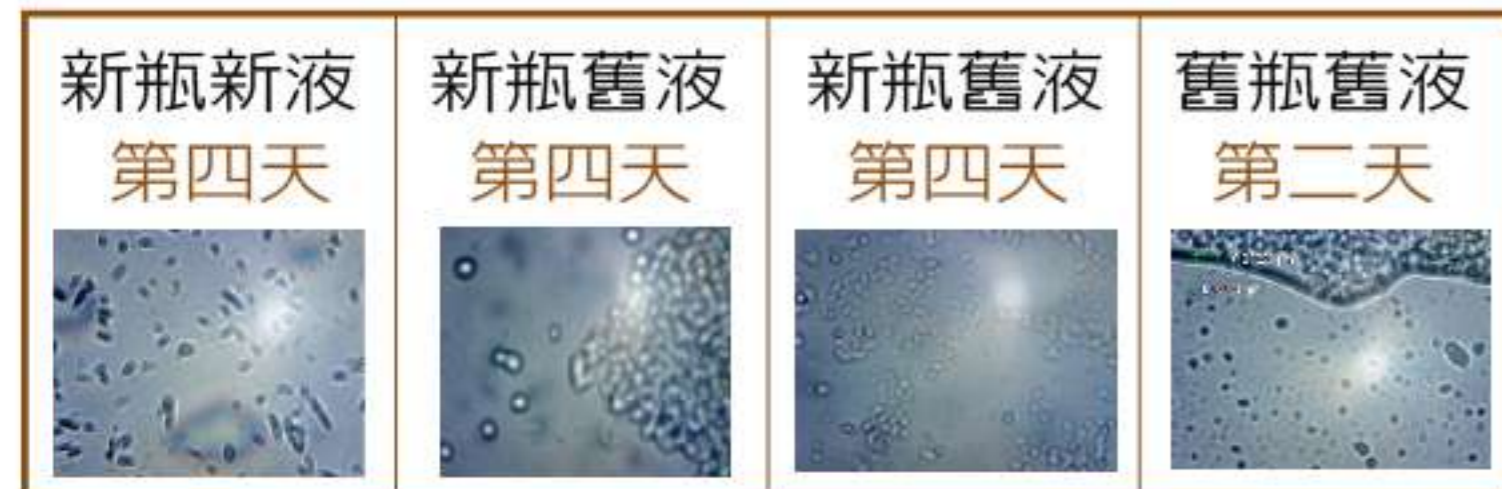
新瓶舊液：水75克、舊液75克，使用新瓶。

舊瓶新液：水150克、使用舊瓶。

舊瓶舊液：水75克、舊液75克，使用舊瓶。

實驗結果：

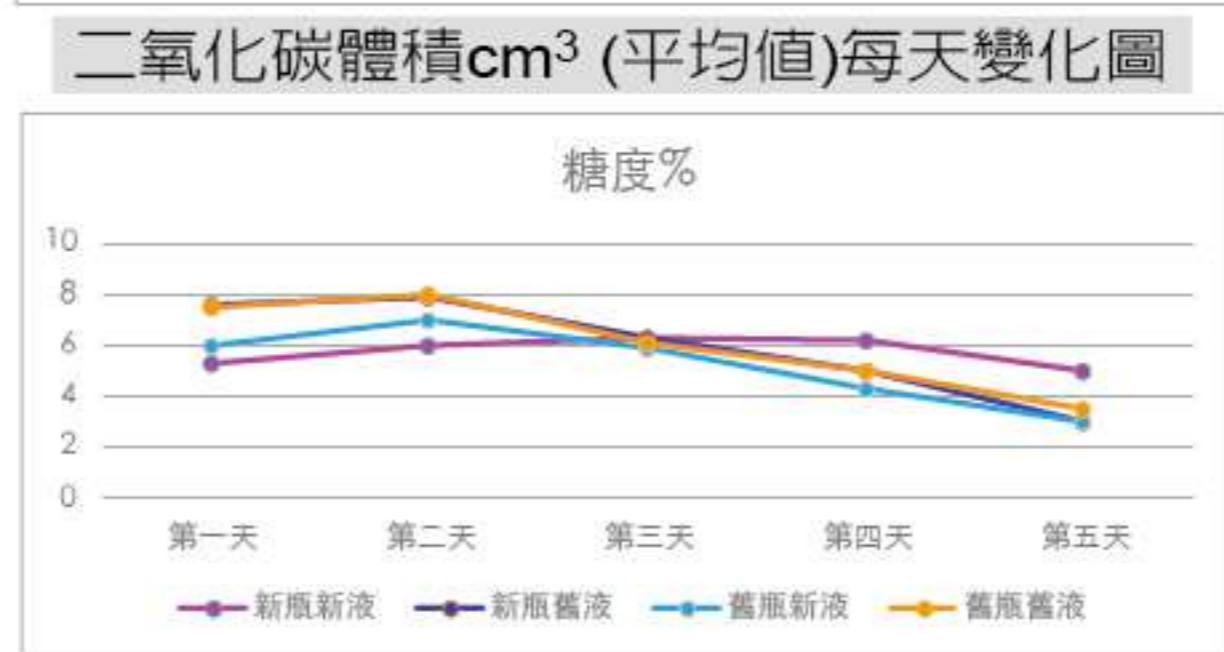
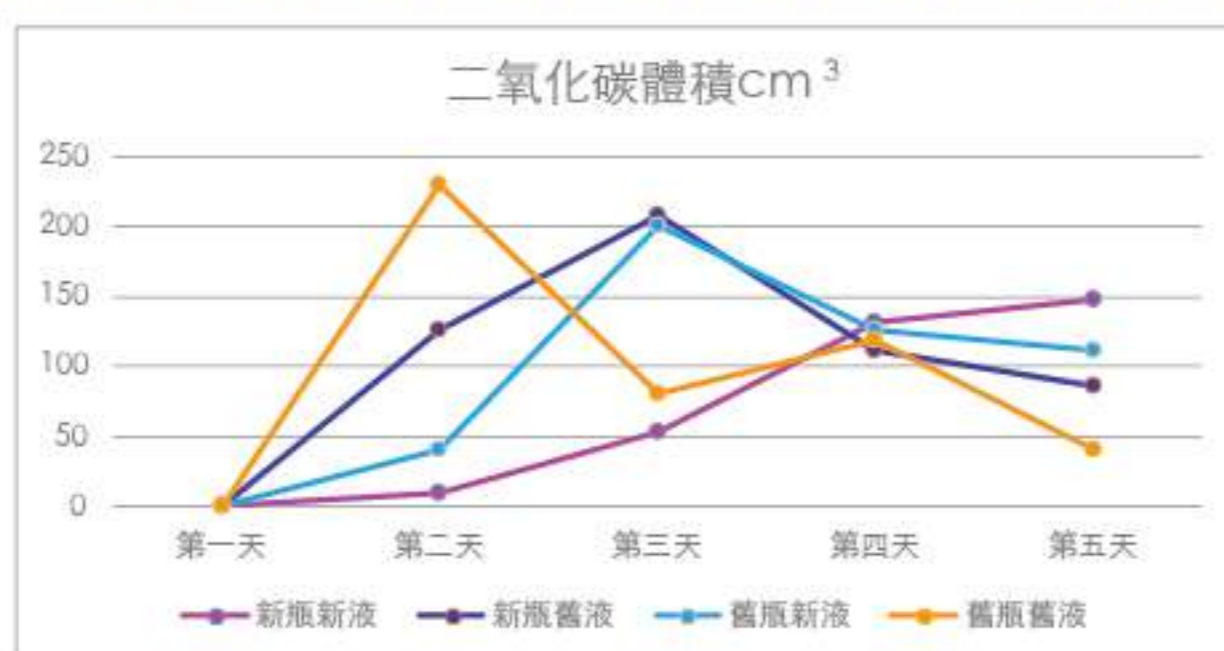
酵母菌數量明顯變多時間比較



● 新瓶新液 ● 新瓶舊液 ● 舊瓶新液 ● 舊瓶舊液



每天蘋果酵母液變化



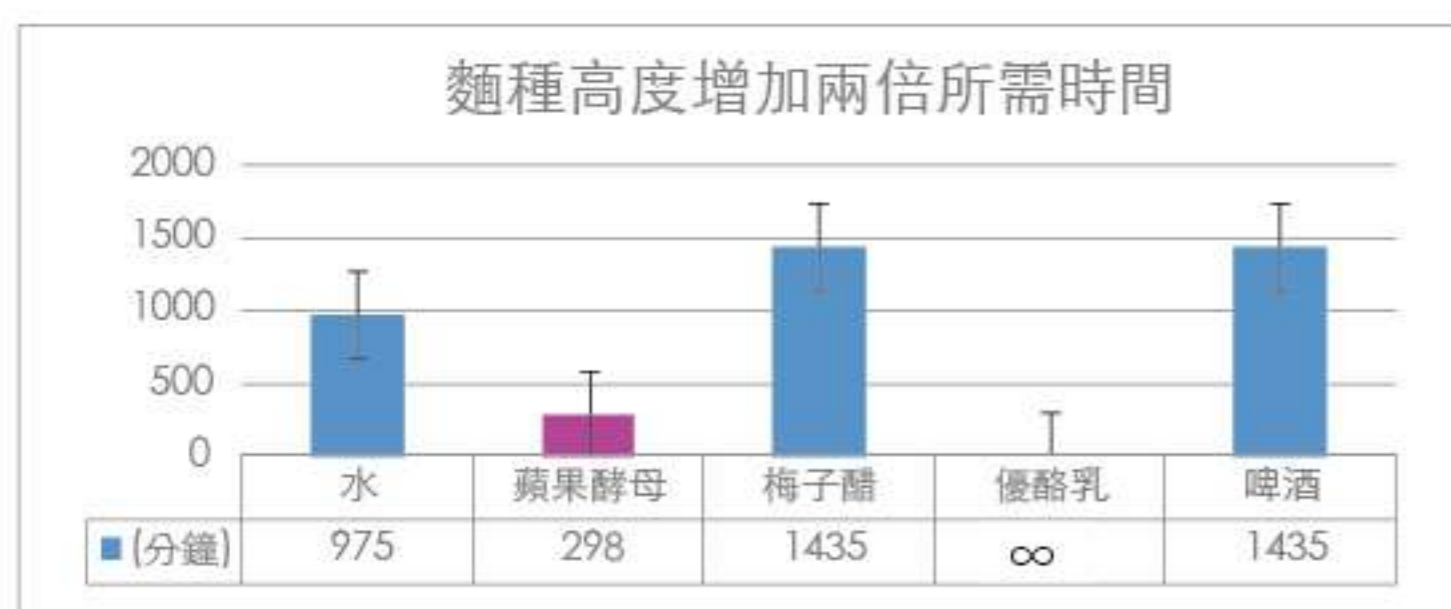
收液麵種高度增加兩倍所需時間比較

實驗結果：使用舊液舊瓶所培養蘋果酵母液只要最快一天的時間就可以使麵種快速發酵。

發現問題：

1. 選擇舊液或舊瓶時，發生容器(羊奶瓶)太小，導致備用品在恆溫箱中爆炸。由於二氧化碳快速累積在瓶中，壓力也不斷增加導致爆炸。所以如果要選擇容器應該要考慮容量更大的使用。
2. 為什麼舊瓶舊液、新瓶舊液和舊瓶新液麵種會比研究四第七天酵母液的麵種發酵時間更短？
3. 是否有其他溶液可以取代蘋果酵母液？

### 研究六：探討不同的溶液是否可以取代蘋果酵母液



研究問題：研究其他溶液是否可以取代蘋果酵母液。

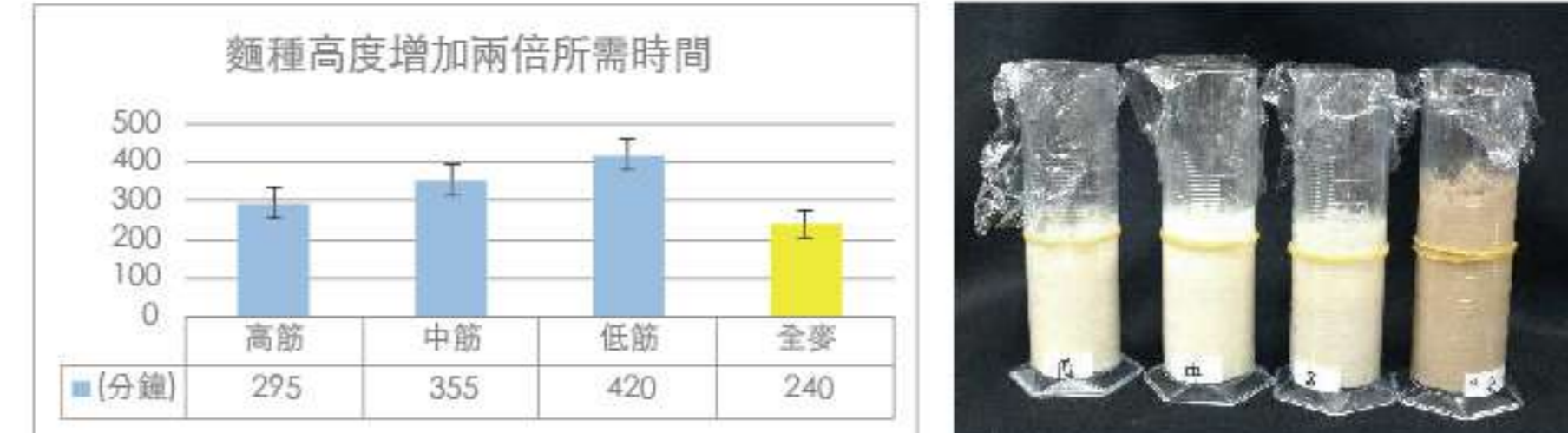
實驗結果：蘋果酵母液所培養的麵種活性最好，水次之，梅子醋、啤酒則比蘋果酵母液需要多花費4倍久的時間。

發現問題：為什麼優酪乳組做成的麵種會長不高呢？



### 研究七：探討不同種類的麵粉對麵種發酵影響

研究問題：研究不同種類麵粉對麵種發酵影響。



不同種類的麵粉麵種發酵至兩倍高比較

實驗結果：全麥麵粉在很短的時間長到兩倍高，但高筋麵粉的發酵力相對穩定，時間也是與全麥相差不遠。

發現問題：麵粉的成份對發酵時間會產生差異嗎？

### 研究八：如何製作酵母粉

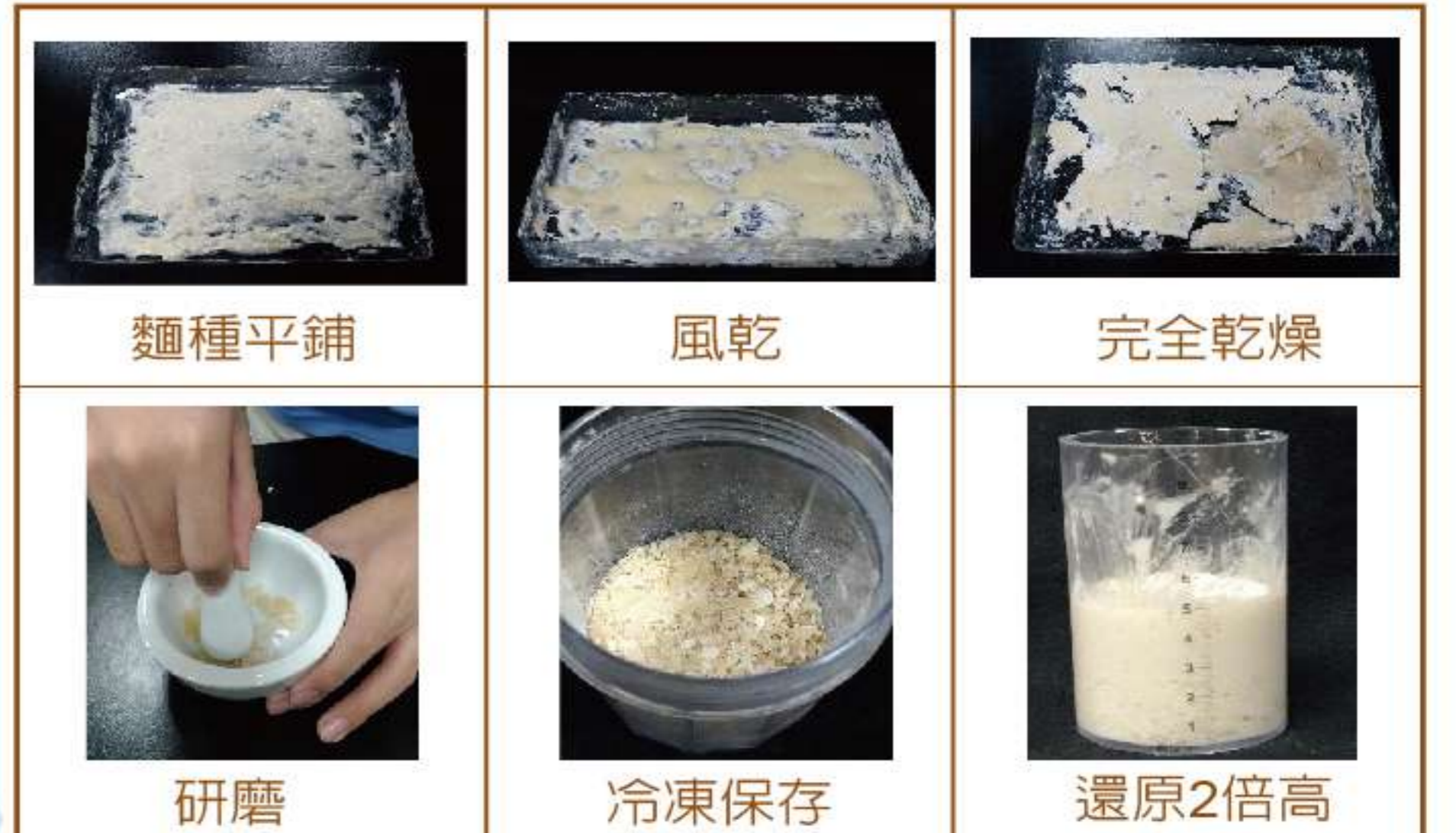
實驗材料：蘋果酵母液、高筋麵粉

1. 第一次蘋果酵母液20毫升、麵粉20公克，均勻攪拌，靜置麵種增加2倍高。
2. 第二次再將已增加2倍高麵種取出20公克後，加入10毫升蘋果酵母液及麵粉10公克，均勻攪拌至無粉狀態，靜置麵種增加2倍高。
3. 第三次繼續將第二次麵種取出20公克後，加入10毫升蘋果酵母液及麵粉10公克，均勻攪拌至無粉狀態，靜置麵種增加2倍高。
4. 將蘋果酵母液加麵粉(1:1)均勻混合等待麵種長高至兩倍高後，將麵種均勻鋪在托盤上，靜置3-4天後研磨，製成酵母粉冷凍保存即可。

實驗結果：製作發酵力穩定的麵種一定要發酵三次，才適合做酵母粉。

發現問題：麵種發酵一定要經過三次培養嗎？

製作酵母粉





## 研究九：探討天然酵母、商業酵母麵種所製的麵包口感問卷調查

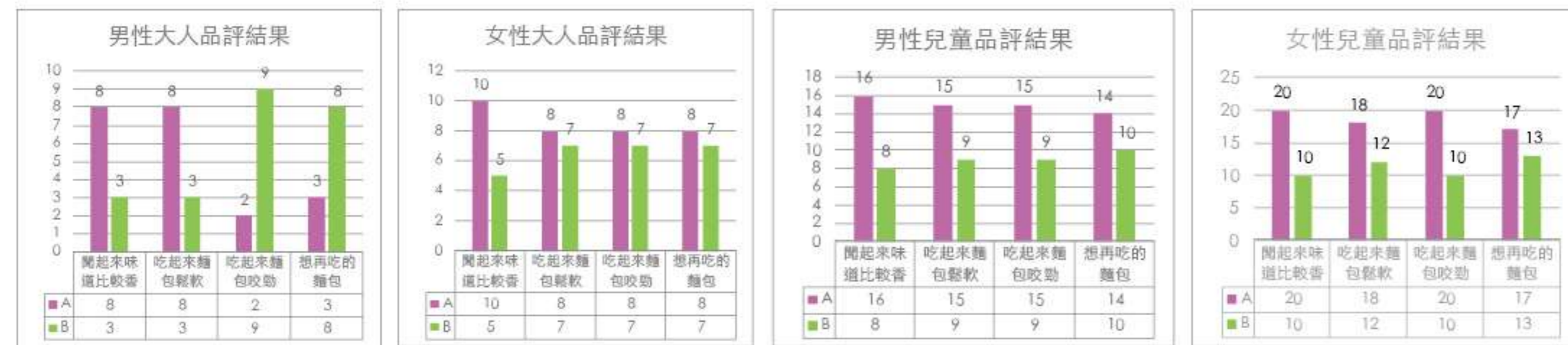
### 實驗設計：

將天然酵母及商業酵母(純化過市售酵母)用麵包機做成的土司，利用盲測請學校的老師及同學品嚐，並用問卷填寫兩種土司口感，最後再依年紀及性別做分析。



### 問卷設計：

官能品評問卷		
□男 □女 □大人 □兒童		
品項	A	B
聞起來味道比較香		
吃起來麵包鬆軟		
吃起來麵包咬勁		
想再吃的麵包		



### 實驗結果：

66%的人覺得天然酵母麵包的味道比較香，59%的人吃起來覺得天然酵母較鬆軟，55%的人覺得商業酵母麵包比較有咬勁，51%的人會選擇天然酵母做的麵包。

### 發現問題：

男性大人為何比較偏愛商業酵母麵包呢？

## 研究十：探討自製天然酵母成本計算

研究問題：研究以麵包機製作一份土司，所需天然酵母麵種的成本。

實驗設計：研究八中天然酵母麵包所使用麵種100克，以研究四的實驗材料計算蘋果酵母液，及三次所培養麵種的麵粉計算。

實驗討論：計算用麵包機製作一次土司需要用到的酵母成本，商業酵母成本約6元，天然酵母麵種約20元。

天然酵母	成本(元)	商業(純化)酵母	成本(元)
蘋果酵母液	蘋果 100克 8元	3克	6元
	水 150克 3元		
	糖 10克 1元		
麵種	麵粉 150克 7.5元		
總計	約 20元	總計	約 6元

## 伍、討論

- 一、研究一中：我們發現蘋果果肉到第三天開始才產生褐變，打開瓶蓋時出現像汽水的聲響並出現氣泡，酵母液的顏色漸變混濁，間有淡淡的酒味。我們想知道那些衝出來氣體是不是二氧化碳，因為二氧化碳是代表酵母菌發酵的產物，於是使用澄清石灰水檢定二氧化碳。也想知道哪種糖及糖的不同重量是不是會影響酵母菌出芽繁殖，進而設計了以下的實驗。
- 二、研究二中：我們發現無糖的二氧化碳在第三天就大量產出，而蔗糖和葡萄糖卻到第四天才大量產出。查閱資料發現酵母菌是一種橢圓形單細胞微生物，當有足夠養份時會行出芽繁殖(budding)。它是真菌的一種喜歡代謝各種醣類，它也是兼性厭氧的微生物，在有氧或無氧環境中均能生長繁殖的微生物。在有氧的環境中，酵母菌執行呼吸作用並將糖轉化為水和二氧化碳，由於呼吸作用的能量遠高於發酵作用可以加速酵母菌繁殖。所以無糖的蘋果酵母液一開始就產生大量的二氧化碳，酵母菌也快速出芽繁殖，但是等到蘋果本身糖份消耗完，就開始呈現停滯期不再產生二氧化碳和酵母菌。我們也發現已經呈現停滯期的無糖蘋果酵母液怎麼還可以使麵種長高呢？原來麵粉是由單糖組成，酵母菌釋出酵素(澱粉酶)去裂解澱粉形成葡萄糖，提供酵母菌最基本的食物，但是無糖酵母液的酵母可能已經不活躍了，以致無法產生足夠酵素去裂解澱粉，所以無糖麵種發酵穩定性不是很高，發酵時間最長。
- 三、研究三中：為何酵母液中糖的比例多寡會影響麵種發酵的時間？查閱資料發現酵母菌體內的細胞膜是半透明膜，即具有滲透作用，外界濃度的高低直接影響酵母菌之發酵活力，高濃度的糖都足以抑制酵母菌之發酵，因為外界物質濃度高時酵母菌體內細胞質滲出細胞膜，當細胞質分離酵母菌因此破壞而無法生存，當然也有些酵母可耐滲透壓高的環境，在高濃度之溶液下可以生存及發酵。所以研究三中蘋果酵母液20克的葡萄糖這組雖然觀察到有許多酵母菌但都不活躍，應該是糖濃度太高抑制到麵團的酵母菌活動力，以致發酵時間較長。
- 四、研究四中：我們發現蘋果酵母液的培養期要經歷七天，查閱資料發現酵母菌有二期成長，第一期蘋果酵母液的酵母菌吸收葡萄糖，讓它可以快速成長，當葡萄糖被用盡時，酵母菌就會進入第二期釋放酵素裂解澱粉進行成長。實驗中第七天的酵母液所培養的麵種是出芽繁殖最多的酵母菌，它可以在最短的時間內裂解澱粉產生二氧化碳使麵種長高兩倍。
- 五、研究五中：我們發現舊瓶舊液組在第二天大量繁殖是因為舊液原本就有大量酵母菌，在加入糖及蘋果後使酵母菌有充足的食物產生反應，讓產物二氧化碳快速增加，麵種高度增加兩倍時間(約240分鐘)。新瓶舊液或是舊瓶新液也在第四天時，酵母菌很活躍數量也變很多，麵種高度增加兩倍時間(約270分鐘)也比研究四第七天的酵母液麵種時間(530分鐘)更短。
- 六、研究六中：任何溶液都可以使麵種長至兩倍高只是時間長短，唯有優酪乳無法使麵種長高兩倍。在微生物的世界中強勢的菌種是會淘汰弱勢菌種，優酪乳裡面有大量的乳酸菌，這會使酵母菌不易生存。我們也觀察到優酪乳的糖度%高達12%，這比研究三中葡萄糖20克組糖度10%更高，所以可能優酪乳的糖度濃度太高抑制或殺死酵母菌。
- 七、研究七中：我們發現全麥麵粉的麵種發酵時間是最短的，查閱資料發現穀物表皮存有大量酵母菌，全麥麵粉屬整粒研磨的小麥穀物保留完整的表皮，以至全麥麵粉本身就有大量酵母菌，當活力十足的蘋果酵母液有足夠的酵素，碰到全麥麵粉後立刻裂解澱粉產生更多酵母菌所需要的葡萄糖，以致全麥麵種發酵能力最好。麵粉的筋性以穀物的萃取率來區分，萃取率愈低代表筋性愈低。所以高筋麵粉是較屬於較不精緻萃取率較高的麵粉，所保留的酵母菌也較多。
- 八、研究八中：我們發現要製作酵母粉必須經過三次麵種的培養，才會形成穩定的麵種。查閱資料發現麵種裡的酵母菌活性愈好，更會排放大量酒精，抑制或殺死許多微生物，更加上會耗氧；讓許多耗氧的微生物無法生存，經過幾個生命週期就形成優勢菌種。因此要培養穩定有活力的酵母粉一定要經過至少三次的麵種培養。
- 九、研究九中：在聞起來味道比較香的品項中發現大部份女性大人、男性兒童及女性兒童都覺得天然酵母麵包比較香，在生活經驗中喜歡擦香水以女性偏多，兒童的嗅覺也比大人靈敏，於是我們推測與女性及兒童對味道的敏銳度有關，所以較能感受到香味的差別。男性大人為何比較偏愛商業酵母麵包呢？經訪問男性大人為何不選擇天然酵母的麵包，綜合他們的說法是天然酵母麵包有股淡淡的酸味。查閱資料後發現麵包烘烤後產生揮發性的氣味，有醇類、酸類及酮類的化合物。我們所製作的天然酵母麵包因為在溫度40度中發酵，時間較商業酵母時間長，乳酸菌變多所以產生更多的酸性化合物。改進麵包酸味的方法可以用低溫發酵，乳酸菌在低溫中會休眠不會繁殖，所以可以將麵團置於冰箱發酵可以使天然酵母麵包的酸味降低，風味層次更明顯。我們也發現男性大人在口感上偏好有咬勁的商業酵母麵包，我們推測與男性大人喜歡吃有飽足感的食物有關，天然酵母做的麵包較鬆軟容易吞嚥，無法滿足男性大人喜歡大口咀嚼的習慣，於是在男性大人品評結果，可以很明顯看到天然酵母麵包與商業酵母的差異。
- 十、研究十中：我們估計一次麵包機可以做出土司所需要的天然酵母成本，大約20元，是商業(純化)酵母成本的3倍多。雖然成本較高但是天然酵母麵包產生的香氣酵母味及水果味卻是無價！

## 陸、結論

- 一、本實驗讓我們知道培養天然酵母必須使用單糖做為酵母菌的食物，酵母菌有了足夠的糧食會大量出芽繁殖，並分泌足夠的酵素裂解大量的澱粉(麵粉)進而轉化成單糖，產出大量二氧化碳使麵種發酵，但是要維持麵種發酵的穩定度，就要使用適當比例的糖。糖份不足酵母液在麵種的培養會產生發酵時間太長，發酵不穩定。糖份過多又容易抑制酵母菌生長，麵種一樣無法發酵完全。酵母液的培養一定要經歷七天的生長期，如果要縮短時間就可以使用舊瓶舊液最快可以縮短一天，使用新瓶舊液或是舊瓶新液，最慢四天也可完成蘋果酵母液培養。
- 二、在家裡輕鬆做天然酵母(以下比例以家用麵包機為主)  
步驟1：所有使用的容器必須經過煮沸消毒5分鐘。  
步驟2：蘋果：水：葡萄糖(10:15:1)，食材放置約七分滿的容器最佳，每日打開蓋子搖晃，置於自製發酵箱(研究一)設定28度七天。  
步驟3：培養天然麵種是用蘋果酵母液:高筋麵粉(1:1)的比例，連續培養三次麵種。  
第一次使用製作七日蘋果酵母水100毫升，加入麵粉100公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察靜置麵種長高兩倍高。  
第二次取出100公克第一次麵種，加入50毫升酵母液及麵粉50公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種長高兩倍高。  
第三次再繼續取出第二次100公克麵種，加入50毫升酵母液及麵粉50公克，均勻攪拌至無粉狀態，觀察麵種長高兩倍高。即可以用200克天然酵母麵種使用。  
步驟4：天然酵母麵種比例約製做麵包的麵粉和水的三分之一，如果麵包機配方：原本麵粉300克和水150克，加入100克麵種後，就須將配方改為麵粉250克和水100克。  
步驟5：天然酵母麵種適合低溫發酵，再烘烤。
- 三、一開始培養酵母液時，在第三天時就產生白色塊狀菌，於是整個實驗過程我們用高溫煮沸容器，連測量二氧化碳的汽球也用酒精消毒。我們參閱資料發現蘋果是水果中培養酵母液發酵表現最穩定的，而且四季都買得到蘋果。培養麵種時使用全麥麵粉能使發酵時間縮短，但全麥麵粉顏色偏咖啡色，研究發現高筋麵粉也是很好的替代品。
- 四、我們發現蘋果酵母液製做完成若無法即使用完，大約冷藏一週後取出蘋果酵母液，可以利用原本的瓶子，利用舊液直接加入蘋果、葡萄糖及開水(參考研究五舊瓶舊液比例)，一天後蘋果酵母液又開始產生二氧化碳活躍起來，即可以製作麵種。
- 五、未來努力的方向，可以再嘗試開發更多可以縮短培養酵母液天數的食材。也可以融入食農課程，讓大家可以知道整個麵包製作過程及發酵的原理。