

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高級中等學校組 農業與食品學科

第三名

052206

酵搖自得—水果天然酵母在麵包上的應用

學校名稱：國立北門高級農工職業學校

作者：  職二 吳俊緯  職二 郭姿儀  職二 李仰雯	指導老師：  劉軒如  李夢萍
---	-----------------------------

關鍵詞：天然酵母、中種麵糰、吐司

## 摘要

本實驗是選用地新鮮水果，探討最佳的天然酵母液育種、中種麵糰的發酵培養條件及其應用在吐司製作的可適性，與商業酵母在品質特性上的差異。結果顯示，葡萄、香蕉和檸檬三種水果，於  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  培養酵母種再進行中種麵糰培養，以振盪法培養皆為 2 天的時間，即與靜置法分別為 5 和 3 天能具有相同的效果，大大縮短培養天數，更能減少污染率。並將三種水果振盪培養液應用於製作吐司與商業酵母吐司比較，水果天然酵母種體積比和擴展比表現理想、且可顯著延緩麵包變硬；在物性測定上水果天然酵母種具彈性大、膠強性高和纖維性高之細緻組織、質地鬆軟、保水等特質；吐司感官品評以葡萄酵母種最保留清甜、芳香風味整體性最佳。

## 壹、研究動機

在高二的食品專業課程「食品微生物」，這門課中得知，麵包發酵重要的靈魂物之一是酵母菌，它能夠產生二氧化碳氣體，具有膨大麵糰的作用，加上研究資料指出天然酵母為複合微生物群，發酵時除了氣體，還有相當多的乳酸菌與醋酸菌，能代謝糖類產生醋酸與乳酸等，使產品形成獨特風味<sup>(9)</sup>。由於天然酵母的來源不同，在發酵過程中所產生的微生物菌落不盡相同，製備出來的麵包就呈現不同的香氣與風味，也因為不使用(或減量使用)商業酵母，符合現代人追求自然養生的概念。但市場上的水果天然酵母麵包其發酵食材十分有限，大部分以葡萄乾為主，本實驗希望就在地的新鮮水果來製備天然酵母液及其製作中種麵糰，培養期間利用食品化學與分析檢驗及微生物培養以觀察酵母增殖的情形，接著再以發酵培養的中種麵糰利用烘焙食品實習之技術製作天然水果酵母種吐司，並與對照組之商業酵母吐司進行各品質差異及營養成分分析和成本效益的比較探討。

## 貳、研究目的

- 一、了解市售水果利用靜置法與振盪法培養天然酵母種的可行性
- 二、探討利用靜置法與振盪法培養天然酵母培養液及製作中種麵糰的差異及其最適條件
- 三、比較商業酵母與水果天然酵母吐司各品質的差異

## 參、研究設備及器材

### 一、設備

				
糖度計 (C9W-HB0032)	pH 計 (PL-700DV)	振盪器 (M37615)	顯微鏡 (OLYMPUS CX23)	離心機
				
恆溫振盪水槽 (SB-9D)	恆溫培養箱 (DBL-60)	高壓滅菌釜 (SA-300VL)	乾熱滅菌器機 (CDV6-02)	無菌操作台 (ZYBH-420)
				
物性測定儀 (TA-XT2i)	四位數天秤 (EL204)	攪拌機 (25MI-J)	發酵箱	烤箱 (JS-33)

### 二、器具

玻璃罐、三角瓶、秤量瓶、定量瓶、燒杯、量筒、離心管、吸量管、滴定管、滴定管架、電子天平、安全吸球、螺帽試管、酒精燈、培養皿、攪拌石、洗滌瓶、可調式微量吸管、托馬斯氏血球計算盤、游標卡尺

### 三、藥品及材料

#### (一)藥品

氫氧化鈉、鄰苯二甲酸氫鉀、馬鈴薯葡萄糖瓊脂(PDA)培養基

表 1、PDA (potato dextrose agar) 培養基

Ingredient	Perliter
馬鈴薯浸出物 (potato infusion)	200 g
葡萄糖(右旋糖) (dextrose)	20 g
洋菜 (agar)	20 g
蒸餾水 (distilled water)	1000 mL

## (二)材料

- 1.小番茄、李子、葡萄、香蕉、檸檬、蘋果、百香果。(水果超市)。
- 2.速發乾酵母粉。(產地：比利時，進口商：德麥食品(股)公司)。
- 3.高筋麵粉、低筋麵粉。(統一企業(股)公司)。
- 4.細砂糖。(台灣糖業公司)。
- 5.食鹽、奶粉、奶油、油麻菜籽。

## 肆、研究過程及方法

### 一、文獻回顧

#### (一)天然酵母的簡介

##### 1.天然酵母<sup>(14)</sup>

天然酵母，是指以穀物、果實、植物的花或葉為原料，並使其自然產生天然酵母，這些天然蔬果上包含許多微生物，如酵母菌、醋酸菌、乳酸菌和麴黴或其他微生物，又稱「野生酵母」或「複合酵母」。

##### 2.天然酵母來源的種類<sup>(5)</sup>

作為培養天然酵母的原料有很多種，一般選用富含醣質的水果、穀物和蔬菜等食材較佳，例如葡萄、蘋果、小麥和馬鈴薯等，因為醣質可以轉化成酵母的營養來源。天然酵母發酵產生的有機酸，會使麵包具有獨特的酸味，使用不同的培養基質其製作出來的麵包風味和質感也不同。製作天然酵母最常使用的酵母種類原料及其特性應用如表 2。

表 2、天然酵母之原料來源及應用

育種素材	酵母名稱	特性和應用
穀物	酸種	1.將水加入黑麥粉中充分揉製，以培養附著於粉上或存在於空氣中的酵母、麴菌、乳酸菌、醋酸菌。 2.酸種製成的麵包獨有的熟成香味及酸味主要是因菌產生的有機酸及二氧化碳所致，有機酸還具有防止麵包老化及風味改變的功用。

	酒種	1.將米、米飯、水加入麴中來增值酒種酵母。 2.麵包具有香甜的甜酒味，但發酵力較弱。
花或葉子	啤酒花種	1.使用授粉前的啤酒花製成的種。 2.應用在麵包能充分膨脹，若配方加有少量油脂或砂糖的麵糰，更能發揮獨特的風味。
果實	果實種	1.有新鮮水果種和乾燥水果種二種。 2.利用自然附著在新鮮水果表皮的酵母製成的種，應用在麵包上具有淡淡的酸味及香醇風味。

### 3.天然酵母果實種原料來源的介紹<sup>(14)</sup>

果實種是指利用附著在水果或乾燥果皮上的微生物製成的，通常水果果實表面上適合製作麵包的酵母大約只佔 15%，其餘 85%的酵母中約 50%對人體無益也無害，另外 30%的酵母會釋出酸。製作果實種的天然酵母時，必須將果實擠碎，搾出果汁、加入蜂蜜，並與酵母混合，培養在 25℃ 左右的環境中，使原本只有 15%適合做麵包的酵母增值到 99%的比例。除了一般常使用的葡萄、蘋果等水果外，葡萄乾或無花果等乾燥水果也是很長使用的天然酵母種。由於醣分是酵母的營養來源，水果的醣分越多，就越適合當作天然酵母的果實種。

### 4.水果產季

表 3 為台灣小番茄、李子、葡萄、香蕉、檸檬、百香果和蘋果水果的產季表，其中以香蕉全年皆為產季，葡萄產季為 5 月~隔年 2 月有 10 個月之久，次之為檸檬 5~10 月和李子 3~8 月分別有 6 個月。

表 3、台灣各種水果產季表<sup>(17)</sup>

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
小番茄	●	●	●									●
李子			●	●	●	●	●	●				
葡萄	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●
香蕉	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
檸檬					●	●	●	●	●	●		
百香果						●	●	●	●			
蘋果									●	●	●	

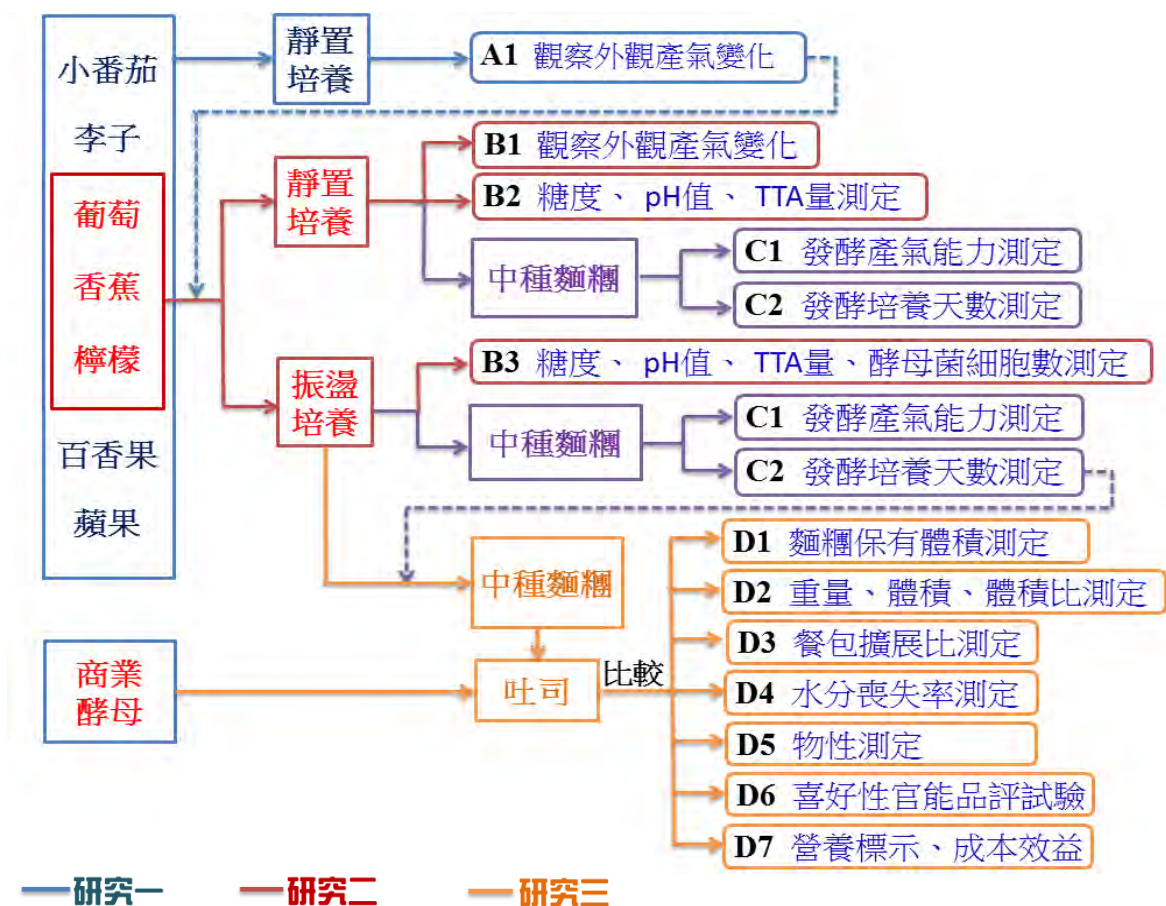
## (二)天然酵母麵包的製作

以穀物、果實和植物的花或葉為原料，並使其自然產生天然酵母，這些天然果蔬上富含許多微生物，如酵母菌、乳酸菌及一些酵素活性，混合麵粉與水，低溫長時間自動發酵，把這些附著在原料上的微生物加以培養，就可以製作具有酸味的麵糰。

天然酵母的培養相當繁複，以水果源天然酵母培養而言，其流程需先從水果中培養酵母菌與乳酸菌，培養時間依不同水果而定，大約要 3~7 天左右；再進入第二階段，添加數次的麵粉與水再培養才可完成，至少須花費二星期左右才可製作麵包產品<sup>(8)</sup>。

天然酵母製成的麵包內的微生物和一般使用乾酵母的麵包不同，所以天然酵母麵包的特性也有所不一樣。天然酵母麵包所使用中種麵糰的功能為：(1)增加烘焙產品特殊風味、(2)延長貯存期限、(3)抑制異菌和(4)產品質地柔軟並賦予保濕作用，但因酵母活性弱，製出的產品體積呈現較小且質地緊密<sup>(14)</sup>。

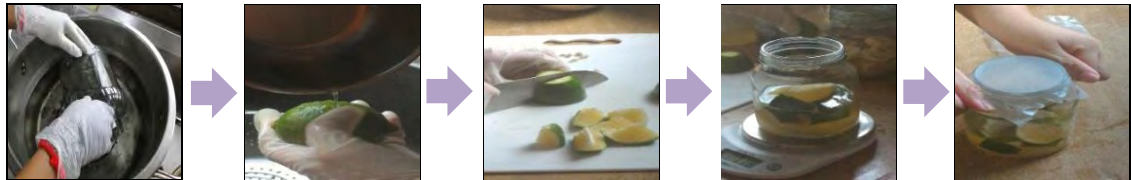
## 二、研究架構



### 三、培養液和中種麵糰之製備

#### (一)水果培養液靜置法的製作與培養：

罐子以 100℃ 的沸水殺菌，再以 75% 酒精消毒→水果以冷開水洗淨、風乾、切丁→秤量材料(水果：冷開水：糖 = 4：4：1)→將冷開水和砂糖先溶化，再放入水果丁，混合均勻後蓋上保鮮膜密封→置於室溫以靜置法培養。



#### (二)水果培養液振盪法的製作與培養：

製作三角瓶棉花塞並將三角瓶乾熱滅菌→同靜置法內容物在無菌操作台內將材料混合→放入恆溫振盪槽，以  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，150 rpm 振盪培養。



#### (三)水果酵母種中種麵糰的發酵培養：

以煮沸滅菌過的紗布將培養液過濾，取濾液使用→培養液：高筋麵粉第 1 天為 1：1 混合攪拌拌勻(第 2 天以後，培養液：高筋麵粉為 1/2：1/2)→放入發酵箱(溫度： $25^\circ\text{C}$ 、相對濕度：75%、時間：4 小時)後放入冰箱冷藏→隔天再重覆加粉發酵動作至所需時間。



### 四、天然酵母吐司之製備

#### (一)吐司配方

表 4、吐司配方<sup>(1)</sup>

中種麵糰		主麵糰	
材料	百分比(%)	材料 <sup>x</sup>	百分比(%)
高筋麵粉	54	高筋麵粉	46
培養液	54	細砂糖	8
合計	108	鹽	1
		脫脂奶粉	4
		雞蛋	10
		奶油	10
		合計	79

x：對照組，增加商業酵母：1%

## (二) 吐司製作<sup>(1)</sup>

1. 攪拌：將培養足夠的中種麵糰和所有材料(除奶油外)，1 速攪拌 2 分、2 速拌 7 分，加入奶油再以 1 速攪拌 1 分、2 速拌 2 分。
2. 基本發酵：相對濕度：75%、溫度：28 °C、體積脹至原來的 2.5 倍大。
3. 分割、滾圓：吐司一條 520 g。
4. 中間發酵：相對濕度：75%、溫度：28 °C、時間：10 分。
5. 整型：捍捲一次成圓柱形。
6. 最後發酵：相對濕度：85%、溫度：38°C、麵糰體積脹至低於烤模頂部 2 公分。
7. 烤焙：吐司：上火 150°C／下火 200°C、時間 35 分。
8. 冷卻，成品。

## 五、研究方法

### A、靜置法培養水果天然酵母種產氣比較之探討












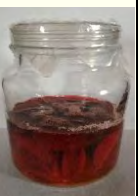








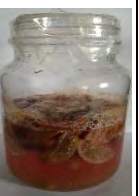































#### 【實驗A-1】一般常見7種水果天然酵母種靜置法培養期間產氣變化的影響

#### 前言：

實驗首先利用小番茄、李子、葡萄、香蕉、檸檬、蘋果和百香果 7 種水果為培養酵母種樣品，培養液製備完成為第 0 天，並將貯藏在室溫培養 7 天，觀察期間培養液產氣狀況。

## 結果：

表 5、各種天然水果酵母種之培養液靜置培養期間外觀的變化

水果	第 0 天	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
小番茄								
李子								
葡萄								
香蕉								
檸檬								
蘋果								
百香果								

## 討論：

- 1.藉由常見的 7 種新鮮水果源培養天然酵母初步了解，發現任何水果都能以糖水作為營養源，餵養出果實本身富含的微生物(主要是酵母菌和乳酸菌)及一些酵素活性。
- 2.良好的培養液泡沫如奶昔般的乳白色且無灰暗色澤<sup>(14)</sup>。小番茄和香蕉在第 2 天時已產生許

多氣泡為最快且果實已上浮，小番茄氣泡第 4 天後即減弱，而香蕉持續氣泡量到第 7 天。

3.葡萄和檸檬分別都在第 3 天至第 5 天有最大產氣量，也能維持至第 7 天。

4.蘋果產氣較慢，在第 5 和 6 天才開始產氣，氣泡與李子一樣是微量；百香果肉產氣量最弱。

5.由結果得知，以香蕉、檸檬和葡萄有較佳的產氣量及其維持氣泡時間是較長的。

6.對水果王國的台灣而言，香蕉、檸檬和葡萄 3 種水果(表 3)的取得是相當充沛的。

## B、水果天然酵母種靜置法與振盪法培養期間培養液差異之探討

### 【實驗 B-1】水果天然酵母種培養液靜置法培養期間糖度、pH 值和 TTA 量變化的影響

#### 前言：

由實驗 A 結果選取產氣及氣泡維持較久的葡萄、香蕉和檸檬為水果源，製作培養液後分別靜置培養 7 天，由培養開始為第 0 至第 7 天測定其糖度、pH 值和總滴定酸(TTA)量的變化。

#### 步驟：

##### 1.糖度測定<sup>(6)</sup>：

使用標準型(0~32°Brix)手持屈折糖度計→先以 20℃ 蒸餾水校正→滴數滴培養液樣品在稜鏡面上，讀取刻度上的明暗界再以溫度補正，即為糖液濃度。

##### 2.pH 值測定<sup>(6)</sup>：

pH 計熱機→先以 pH 7.00 再以 pH 4.00 緩衝液校正→以電極分別進行培養液樣品測定。

##### 3.總滴定酸 (Total Titratable acidity, TTA)測定<sup>(16)</sup>：

pH 計校正→取 10 g 培養液樣品，加入 90 mL 蒸餾水，放入磁石均勻攪拌→以 0.1 N NaOH 標準液滴定至 pH 8.5 為滴定終點，結果以滴定數(mL)表示。

##### 4.資料統計：

利用 EXCEL 計算平均值與標準偏差，再利用 SPSS 統計分析軟體進行變異數分析，以 Duncan 多變域測驗比較平均值之差異顯著性( $p < 0.05$ )。



## 結果：

表 6、葡萄天然酵母種靜置培養期間糖度、pH 值和 TTA 量的變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>xyz</sup> (mL)
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)	
0	20.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	5.02 ± 0.02 <sup>a</sup>	27.2	10.6 ± 0.1 <sup>d</sup>
1	20.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	27	4.97 ± 0.03 <sup>b</sup>	27.1	10.8 ± 0.1 <sup>d</sup>
2	19.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	27	4.84 ± 0.02 <sup>c</sup>	27.2	11.1 ± 0.2 <sup>c</sup>
3	18.8 ± 0.0 <sup>d</sup>	26	4.75 ± 0.02 <sup>d</sup>	26.9	11.2 ± 0.1 <sup>c</sup>
4	18.4 ± 0.1 <sup>e</sup>	26	4.72 ± 0.03 <sup>e</sup>	27.0	11.2 ± 0.1 <sup>c</sup>
5	17.8 ± 0.0 <sup>f</sup>	26	4.67 ± 0.01 <sup>f</sup>	26.9	11.4 ± 0.1 <sup>b</sup>
6	17.6 ± 0.0 <sup>g</sup>	27	4.62 ± 0.01 <sup>g</sup>	27.1	11.4 ± 0.2 <sup>b</sup>
7	17.2 ± 0.1 <sup>h</sup>	27	4.58 ± 0.02 <sup>h</sup>	27.0	11.6 ± 0.1 <sup>a</sup>

x：總滴定酸 (Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcdehgh 不同英文字母代表糖度、pH 值和 TTA 在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

表 7、香蕉天然酵母種靜置培養期間糖度、pH 值和 TTA 量的變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>xyz</sup> (mL)
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)	
0	23.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	5.37 ± 0.01 <sup>a</sup>	27.3	10.2 ± 0.1 <sup>d</sup>
1	22.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	27	5.30 ± 0.02 <sup>b</sup>	27.2	10.6 ± 0.2 <sup>c</sup>
2	21.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	27	5.24 ± 0.01 <sup>c</sup>	27.2	10.6 ± 0.1 <sup>c</sup>
3	20.8 ± 0.0 <sup>d</sup>	26	5.15 ± 0.01 <sup>d</sup>	27.0	10.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
4	20.2 ± 0.0 <sup>e</sup>	26	4.92 ± 0.01 <sup>e</sup>	27.1	10.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
5	19.6 ± 0.0 <sup>f</sup>	26	4.83 ± 0.01 <sup>f</sup>	27.0	11.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
6	18.8 ± 0.1 <sup>g</sup>	27	4.72 ± 0.01 <sup>g</sup>	27.0	11.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
7	18.6 ± 0.0 <sup>h</sup>	27	4.68 ± 0.01 <sup>h</sup>	27.1	11.2 ± 0.2 <sup>a</sup>

x：總滴定酸 (Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcdehgh 不同英文字母代表糖度、pH 值和 TTA 在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

表 8、檸檬天然酵母種靜置培養期間糖度、pH 值和 TTA 量的變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>xyz</sup> (mL)
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)	
0	16.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	4.28 ± 0.02 <sup>a</sup>	27.1	11.6 ± 0.1 <sup>f</sup>
1	16.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	27	4.24 ± 0.01 <sup>b</sup>	27.1	11.8 ± 0.1 <sup>e</sup>
2	15.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	27	4.17 ± 0.01 <sup>c</sup>	27.1	11.8 ± 0.1 <sup>e</sup>
3	15.4 ± 0.0 <sup>d</sup>	26	4.10 ± 0.02 <sup>d</sup>	27.0	12.1 ± 0.1 <sup>d</sup>
4	15.2 ± 0.1 <sup>e</sup>	26	4.05 ± 0.01 <sup>e</sup>	27.1	12.4 ± 0.1 <sup>c</sup>
5	14.8 ± 0.0 <sup>f</sup>	26	3.93 ± 0.01 <sup>f</sup>	27.0	12.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
6	14.6 ± 0.1 <sup>g</sup>	27	3.91 ± 0.02 <sup>g</sup>	27.0	12.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
7	14.2 ± 0.0 <sup>h</sup>	27	3.78 ± 0.01 <sup>h</sup>	27.0	13.0 ± 0.1 <sup>a</sup>

x：總滴定酸 (Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcdehgh 不同英文字母代表糖度、pH 值和 TTA 在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

### 討論：

- 1.由結果我們觀察到，三種水果培養液的糖度隨著培養天數的增加逐漸遞減，主因是酵母菌的生長必須利用到糖分才能得以延續，故發酵液中的糖度會隨之下降。
- 2.隨著酵母菌和乳酸菌的增長發酵，產生的乳酸、醋酸也會愈來愈多，因此，三種水果發酵液的 pH 值，會依培養時間增長而降低。
- 3.實驗結果得知，發酵液的 TTA 量，會隨著培養時間增長，pH 值降低而增加。
- 4.總滴定酸的數值不但可和 pH 值互相作比較，也可從此數據瞭解發酵液產酸的情形；根據李和蔡<sup>(4)</sup>報告顯示：枸杞種天然酵母培養液最佳 pH 值約在 4.3，糖度約在 18°Brix，我們的三種培養液實驗結果第 5 天時，葡萄種培養液 pH 值 4.67、糖度 17.8°Brix(表 6)，香蕉種培養液 pH 值 4.83、糖度 19.6°Brix(表 7)，和檸檬種培養液 pH 值 3.93、糖度 14.8°Brix(表 8)，有相近的數值，因此我們認為葡萄、香蕉和檸檬靜置法培養天然酵母液完成時間落在第 5 天。

### 【實驗 B-2】檸檬水果酵母種培養液靜置法培養期間產氣變化的影響

#### 前言：

我們嘗試再以產氣較佳的水果之一檸檬為樣品，在培養液的瓶口套住橡膠手套室溫靜置培養 7 天，期間觀察培養液產氣狀況，繼而找出培養液產氣最高的天數。

#### 結果：

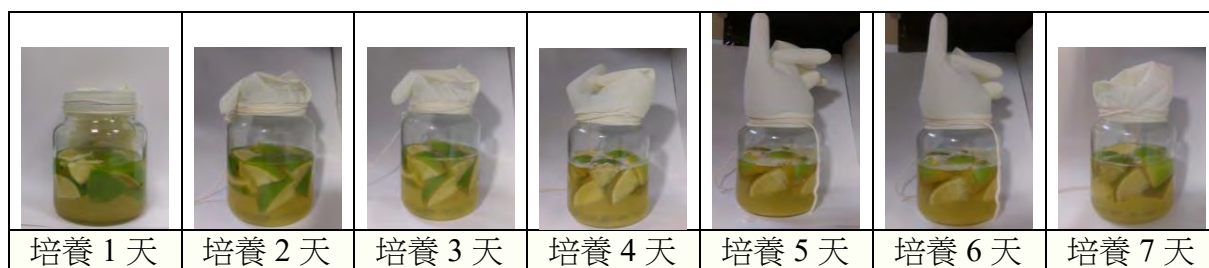


圖 1、檸檬天然酵母種之培養液靜置培養期間產氣的外觀變化

#### 討論：

- 1.自培養第 3 天起，可觀察到微量氣泡的產生，第 4 天氣泡量更加明顯，在第 5 天時氣泡量十分充足產氣量達最高峰，晃動容器時明顯有很多氣泡從瓶底浮動至表面，之後產氣速率逐漸減弱。
- 2.綜合 B-1 和 B-2 結果得到，以第 5 天靜置法的培養液製作中種麵糰為最佳時機。

# 【實驗 B-3】檸檬水果酵母種培養液振盪法培養期間糖度、pH 值、TTA 量和酵母菌數影響

## 前言：

一般傳統天然酵母的育種多以靜置方式，且由 B-1 和 B-2 實驗結果顯示需要 5 天的時間；我們設計培養液改利用恆溫振盪槽，以  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，150 rpm 振盪培養，希望能縮短培養時間。

## 步驟：

酵母菌數測定<sup>(2)</sup>：以滅菌之吸管取 1 mL 培養液，置入 4 mL 無菌水之試管中(得稀釋 5 倍酵母液)→將稀釋之培養酵母均勻振盪，放在血球計算盤中央凹部區劃格內，以  $45^\circ$ 角將蓋玻片蓋上→以 400 倍顯微鏡觀察，任選計算盤中五個區劃格計數酵母菌數，重覆 10 次平均之。

計算公式： $1\text{ mL 培養液中細胞數(株/cm}^3) = n \times 4,000,000 \times d$

(n=1 區劃格之平均酵母菌數；d：稀釋倍數)(※計算區劃格內其二邊線“L”之細胞)

## 結果：

表 9、葡萄天然酵母種振盪培養期間糖度、pH 值、TTA 量和酵母菌細胞數之變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>wyz</sup> (mL)	酵母菌細胞數 <sup>xzy</sup> (株/cm <sup>3</sup> )
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)		
0	$20.3 \pm 0.1^a$	26	$5.04 \pm 0.02^a$	26.1	$10.6 \pm 0.1^d$	0
1	$19.2 \pm 0.1^b$	26	$4.79 \pm 0.01^b$	26.0	$11.1 \pm 0.1^c$	0
2	$17.7 \pm 0.0^c$	26	$4.64 \pm 0.01^c$	26.1	$11.5 \pm 0.1^b$	$4.2 \times 10^8$
3	$15.2 \pm 0.1^d$	26	$4.02 \pm 0.01^d$	26.0	$12.6 \pm 0.1^a$	$1.9 \times 10^8$

w：總滴定酸(Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

x：酵母菌細胞數(顯微鏡觀察倍數：400 倍)

y：Values are mean  $\pm$  SD, n=3

z：abcd 不同英文字母代表糖度、pH 值、TTA 量在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

表 10、香蕉天然酵母種振盪培養期間糖度、pH 值、TTA 量和酵母菌細胞數之變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>wyz</sup> (mL)	酵母菌細胞數 <sup>xzy</sup> (株/cm <sup>3</sup> )
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)		
0	$23.3 \pm 0.1^a$	26	$5.40 \pm 0.02^a$	26.1	$10.1 \pm 0.1^d$	0
1	$21.3 \pm 0.1^b$	26	$5.19 \pm 0.02^b$	26.1	$10.7 \pm 0.1^c$	0
2	$19.2 \pm 0.0^c$	26	$4.77 \pm 0.01^c$	26.0	$11.2 \pm 0.1^b$	$1.2 \times 10^8$
3	$16.4 \pm 0.1^d$	26	$4.22 \pm 0.01^d$	26.0	$11.9 \pm 0.1^a$	$5.3 \times 10^7$

w：總滴定酸(Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

x：酵母菌細胞數(顯微鏡觀察倍數：400 倍)

y：Values are mean  $\pm$  SD, n=3

z：abcd 不同英文字母代表糖度、pH 值、TTA 量在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

表 11、檸檬天然酵母種振盪培養期間糖度、pH 值、TTA 量和酵母菌細胞數之變化

培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>wyz</sup> (mL)	酵母菌細胞數 <sup>xzy</sup> (株/cm <sup>3</sup> )
	糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)		
0	$16.3 \pm 0.1^a$	25	$4.30 \pm 0.02^a$	26.1	$11.5 \pm 0.1^d$	0
1	$15.6 \pm 0.1^b$	26	$4.12 \pm 0.01^b$	26.0	$11.9 \pm 0.1^c$	0
2	$14.3 \pm 0.0^c$	26	$3.90 \pm 0.01^c$	26.0	$13.1 \pm 0.1^b$	$3.7 \times 10^8$

3	13.4 ± 0.1 <sup>d</sup>	26	3.52 ± 0.01 <sup>d</sup>	26.0	15.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9×10 <sup>8</sup>
---	-------------------------	----	--------------------------	------	-------------------------	---------------------

w：總滴定酸(Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

x：酵母菌細胞數(顯微鏡觀察倍數：400 倍)

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcd 不同英文字母代表糖度、pH 值、TTA 量在不同培養天數具有顯著差異( $p < 0.05$ )

## 討論：

- 1.結果顯示：葡萄種培養液 pH 值為 4.64，糖度為 17.7°Brix，TTA 量為 11.5 mL(表 9)、香蕉種培養液 pH 值 4.77，糖度 19.2°Brix，TTA 量 11.2 mL(表 10)和檸檬種培養液 pH 值為 3.90，糖度為 14.3°Brix，TTA 量為 13.1 mL(表 11)；分別比較表 6、7 和 8 靜置法，發現以振盪法培養到第 2 天時，在 pH 值、糖度和 TTA 量即能有極為接近的值。
- 2.根據施<sup>(5)</sup>研究顯示，一顆葡萄通常含有 2,000~4,000 萬個酵母菌附著，其中 15%適合做麵包，85%的酵母菌中有一半對人類無益也無害，35%的酵母會釋出酸，15%的酵母經過 3 天可增殖為 99%；利用振盪法培養液水果天然酵母，由表 9 葡萄種發現，酵母菌細胞數已有  $4.2 \times 10^8$  株/cm<sup>3</sup>，香蕉種有  $1.2 \times 10^8$  株/cm<sup>3</sup> (表 10)和檸檬種  $3.7 \times 10^8$  株/cm<sup>3</sup> (表 11)，同時，培養液均能維持在第 3 天有  $5.3 \times 10^7 \sim 1.9 \times 10^8$  株/cm<sup>3</sup>；其中我們也發現混濁的培養液可經由離心機對培養液離心分層，再取上澄清液更能有效觀察酵母菌細胞數的判讀。
- 3.依據楊<sup>(11)</sup>報告顯示，天然酵母的培養液在 27°C 左右發酵較適合乳酸菌的活化，可以避免培養液酸和苦味的生成；而在蕭<sup>(14)</sup>研究顯示，培養液發酵溫度在 25°C 對天然酵母與同質乳酸菌有較好的產氣性，麵包酸味較柔和且風味和香氣較佳；故證實，我們以  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、振盪法培養葡萄、香蕉和檸檬水果天然酵母種，培養液只要 2 天的時間即有足夠的酵母增殖率，同時更能減少培養期間的污染率。

## 【實驗 B-4】葡萄、香蕉和檸檬水果酵母種振盪培養液第 2 天顯微鏡的觀察

### 前言：

酵母菌為真菌界中不產生菌絲及鞭毛的單細胞微生物，其大小寬約 1~5 μm、長約 5~30 μm，體積比細菌大 5~10 倍，一般可用 300~600 倍的顯微鏡觀察<sup>(2)</sup>。

### 步驟：

以適用食品中黴菌及酵母菌活菌數之檢驗 PDA 培養基，做各培養液稀釋不同濃度的傾注法，入  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  恆溫箱、培養 48 小時，再分別挑選培養基上不同的菌落以 400 倍鏡檢。

## 結果：

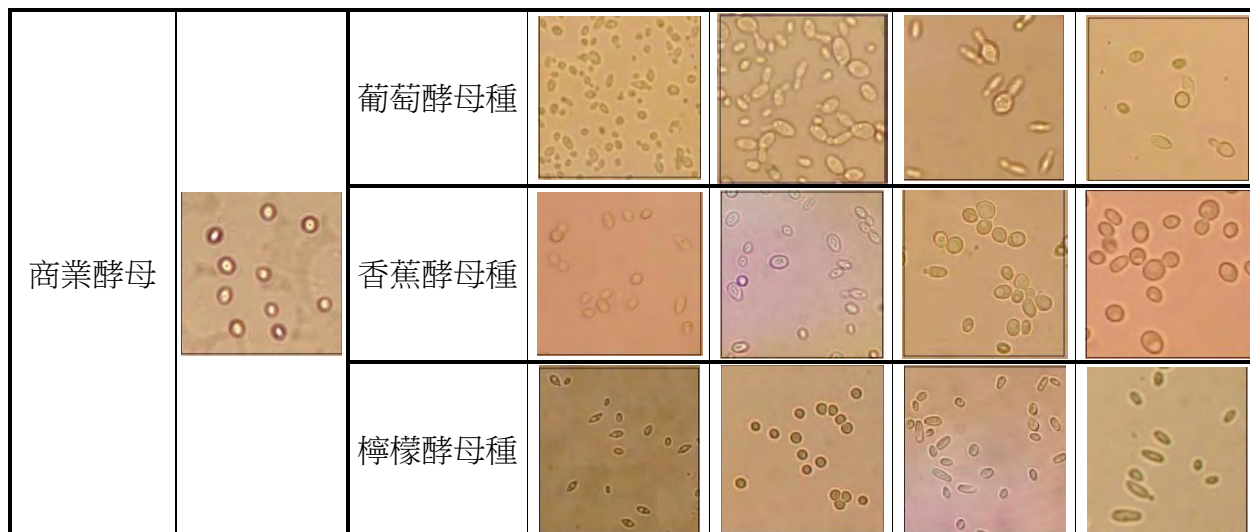


圖 2、PDA 培養基上葡萄、香蕉和檸檬天然酵母種與商業酵母之菌落 400 倍鏡檢圖

## 討論：

- 1.商業酵母的形態為卵形，在顯微鏡400倍下葡萄、香蕉和檸檬的天然酵母種形狀有球形、卵形、橢圓形、胡瓜形或臘腸形等不同的酵母菌。

## C、比較靜置與振盪法培養水果酵母種之中種麵糰產氣能力及培養天數之探討

### 【實驗 C-1】水果酵母種靜置法和振盪法培養液之中種麵糰產氣能力變化的影響

## 步驟：

中種麵糰應用葡萄酵母種培養液靜置法第 5 天和振盪法第 2 天與麵粉以 1：1(25 g：25g) 的比例拌合，於  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相對濕度 75%的條件下進行麵糰發酵 10 個小時，麵糰若有膨脹持續進行餵粉及培養液(1：1)至 4 天；觀察中種麵糰產氣能力及發酵高度外觀的變化。

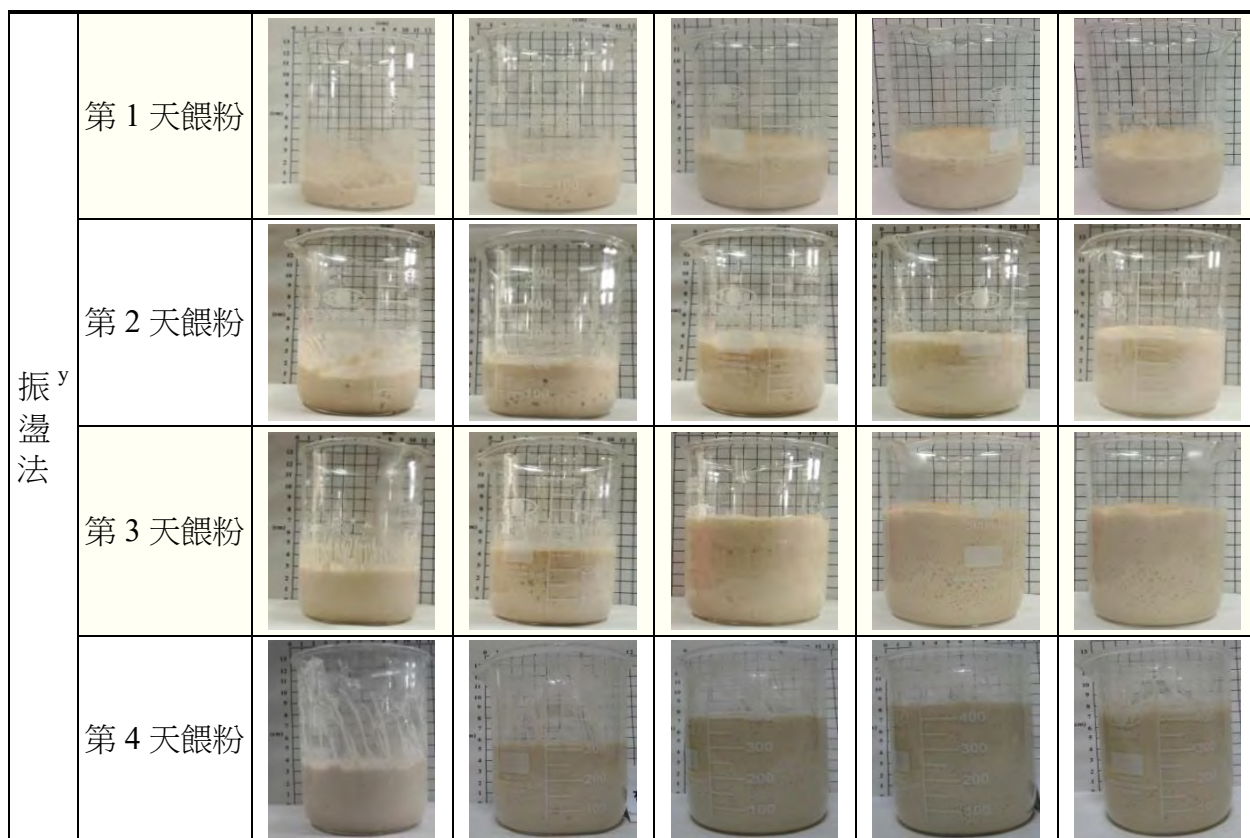
計算方式：膨脹高度百分比(%)：(第 2 小時高度-第 0 小時)÷第 0 小時麵糰高度 × 100%

(※每增加 2 小時後，第 2 小時的高度隨之更替成第 4、6 和 8 小時)

## 結果：

表 12、葡萄酵母種靜置與振盪法的第 2 天培養液之中種麵糰在 0~8 小時產氣能力的外觀變化

葡萄酵母種		第 0 小時	第 2 小時	第 4 小時	第 6 小時	第 8 小時
靜置法	第 1 天餵粉					



x：以葡萄酵母種靜置法第 2 天培養液之中種麵糰發酵 8 小時期間外觀的觀察

y：以葡萄酵母種振盪法第 2 天培養液之中種麵糰第 1~4 天增添麵粉與和培養液發酵 8 小時期間外觀的觀察

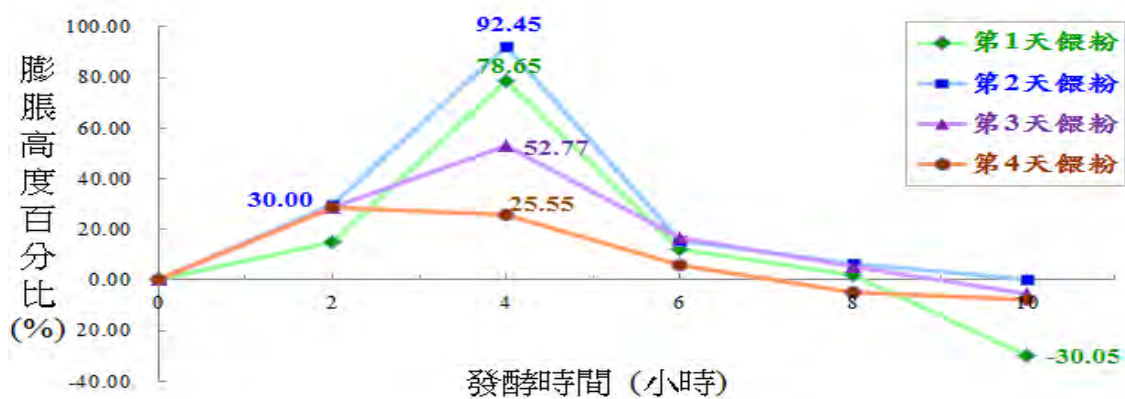


圖 3、葡萄酵母種振盪 2 天培養液在第 1~4 天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

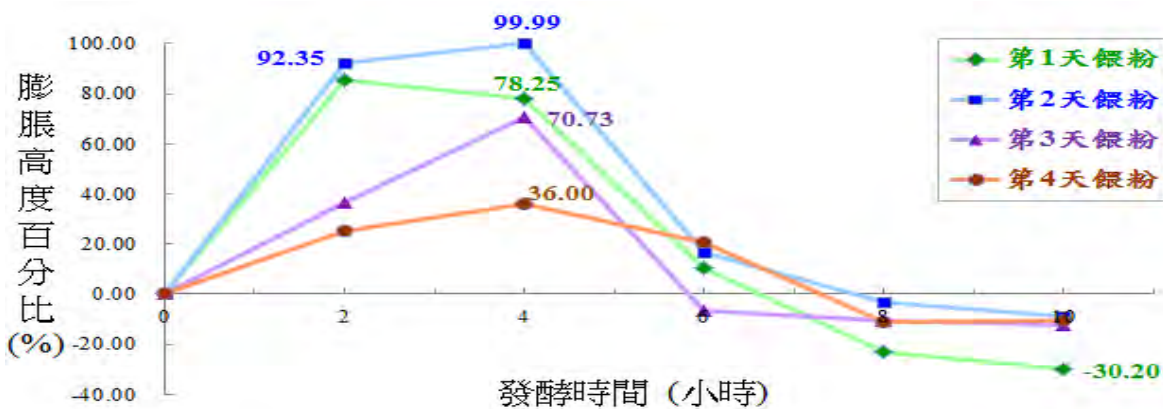


圖 4、香蕉酵母種振盪 2 天培養液在第 1~4 天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

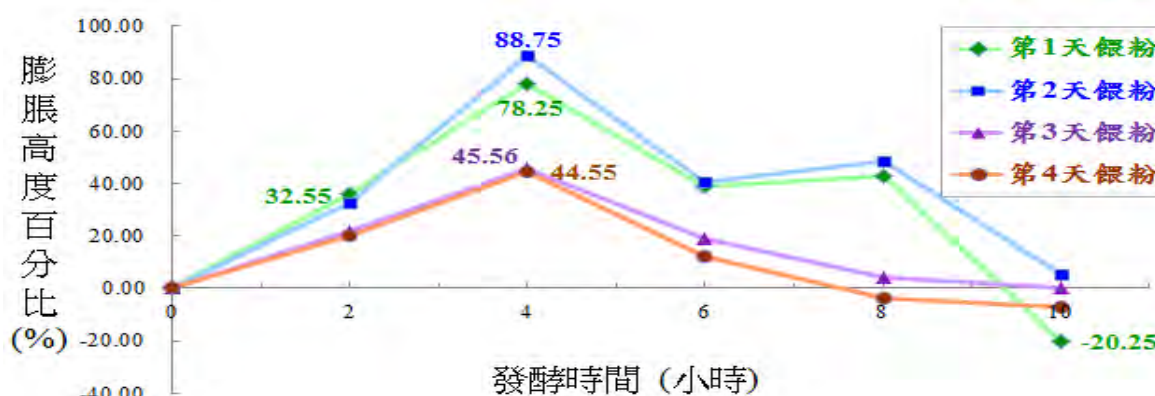


圖 5、檸檬酵母種振盪 2 天培養液在第 1~4 天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

### 討論：

- 1.靜置法培養之葡萄酵母種的中種麵糰(表 12)於第 0~8 小時明顯完全沒有發酵作用。
- 2.葡萄種振盪培養液之中種麵糰在發酵期間(表 12)，當麵糰產氣力下降時，由於前一次發酵高度的痕跡仍然存在，因此照片的高度較無法明顯代表其產氣力。我們另以曲線圖做討論。
- 3.圖 3~5 葡萄、香蕉和檸檬酵母種的中種麵糰產氣能力顯示，於每天補加的培養酵母液而持續有膨脹力，不過大多維持在 4 小時；推測培養液與麵粉拌合後，酵母即開始其生長曲線的成長，分別由遲滯期→對數期→靜止期→死亡期<sup>(10)</sup>。
- 4.三種酵母種之中種麵糰在第 0~4 小時間因酵母菌的增殖使其中種麵糰產氣力快速，而在第 4 小時後有下降的趨勢；當麵糰溫度設定為 27℃，和酵母含量對麵粉為 1.67%的條件下，酵母之增殖速率在第 1、2 小時內，增加的數目只有 0.003%非常少，在第 3~4 小時增加速度最快約 26%，在 4~6 小時速率降為 9%<sup>(5)</sup>，因此我們設定中種麵糰在 26 ± 1℃、相對濕度 75% 的條件下每天發酵 4 小時後即移入冰箱冷藏，第 2 天再繼續添加麵粉與培養液重覆動作。
















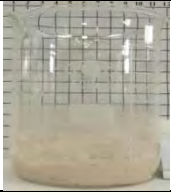

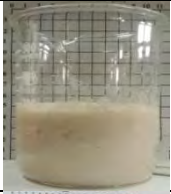
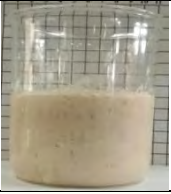











### 【實驗 C-2】水果酵母種靜置與振盪法培養液之中種麵糰發酵培養天數變化的影響

#### 前言：

中種麵糰應用葡萄酵母種培養液靜置法第 5 天和振盪法第 2 天與麵粉以 1:1 的比例拌合，於 26 ± 1℃、相對濕度 75% 的條件下，每日以發酵產氣力較佳的第 4 個小時後放入冰箱，隔日再重覆操作之，觀察第 1~4 天期間中種麵糰在每日第 4 小時的麵糰發酵膨脹之變化。

## 結果：

表 13、葡萄酵母種培養液靜置 5 天與振盪法 2 天之中種麵糰每日第 4 個小時外觀變化

		第 0 小時	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天
靜置法	中種麵糰每日發酵外觀					
	烘焙吐司外觀					
	烘焙吐司切面					
	吐司最高峰(公分)	3.5	6.5	7.5	12.5	10.5
振盪法	中種麵糰每日發酵外觀					
	烘焙吐司外觀					
	烘焙吐司切面					
	吐司最高峰(公分)	4.5	11.3	13.5	13.2	12.1

## 討論：

- 1.由表 13 得知，葡萄培養液的中種麵糰的產氣能力以振盪法的第 2 天優於靜置法的第 3 天。
- 2.烘焙實驗結果顯示，應用振盪法之葡萄培養液中種麵糰第 2 至 3 天的培養所製作的烘焙吐司麵包最高峰為 13.5~13.2 公分為體積最大，切面組織的氣室較顯著。以靜置法之中種麵糰發酵速率較低，在第 3 至 4 天的吐司麵包最高峰為 12.5~10.5 公分體積較小，口感略酸。
- 3.根據簡等<sup>(13)</sup>研究，檸檬和香蕉種天然酵母在 27℃ 的環境下培養 5 天，再進行老麵的餵養過程需要 5 天所製作的麵糰體積膨脹較理想；李和蔡<sup>(4)</sup>在枸杞種天然酵母的培養需要 4~5 天，中種麵糰發酵需 16 小時；以及，王<sup>(1)</sup>在龍眼乾培養第 5 天，基本發酵 18~24 小時結果的比較；我們實驗的結果顯示，葡萄、香蕉和檸檬天然酵母以振盪法培養只需要 2 天，而中種麵糰培養也只需要 2 天，製作吐司的流程為第 1~2 天酵母培養，第 3~4 天進行中種麵糰培養，以第 4 天的中種麵糰發酵 4 小時後即能製作吐司麵包，在第 4 天即能產出麵包為最優。

## D、振盪培養水果天然酵母種之中種麵糰吐司和商業酵母吐司的品質比較之探討

本試驗將商業酵母作為對照組，主要比較以葡萄、香蕉和檸檬三種水果以振盪 2 天酵母培養液之第 2 天中種麵糰製作吐司和對照組比較，分別測定：吐司麵糰保有氣體的體積和吐司成品水分喪失率、體積比、體積評分、擴展比、物性測定和喜好性官能品評等試驗。

### 【實驗 D-1】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司麵糰保有體積的比較

#### 前言：

烘焙食品之麵包攪拌完成後麵糰發酵耐力，指在一定溫度與相對濕度下，麵糰分子的網狀結構對發酵過程中產生的氣體具有包容力或稱保氣性，當氣體持續產生，體積會由膨大而緩慢縮小，表示麵糰分子達到最大包容力，即為麵糰發酵耐力，亦稱之麵糰的保有體積。

#### 步驟：

吐司麵糰攪拌完成後分割  $100 \pm 0.1\text{g}$ ，整形後放在 1,000 mL 量筒內→放在基本發酵箱中觀察，記錄每隔 15 分鐘麵糰體積的變化，共觀察 240 分鐘。



觀察吐司麵糰體積膨脹

#### 結果：

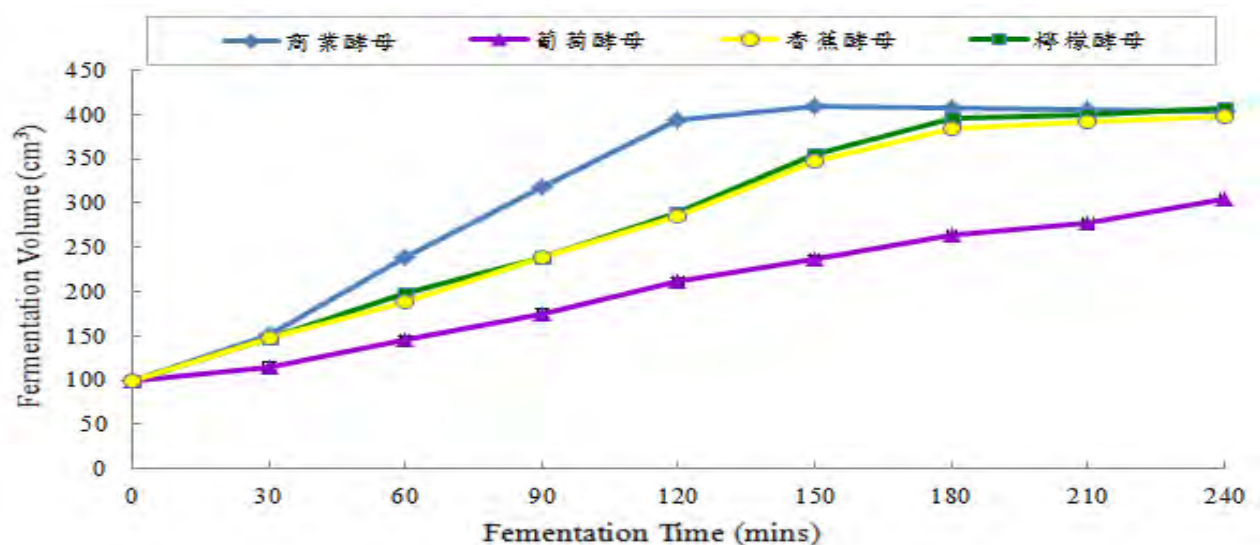


圖 6、商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬天然酵母種之吐司麵糰保有體積的比較

## 討論：

- 1.在 30~150 分鐘時，以葡萄種的發酵體積為最低，檸檬和香蕉種的發酵體積有明顯增加，但仍以商業酵母的發酵體積為最高。
- 2.在 150~240 分鐘期間，商業酵母吐司麵糰體積逐漸趨緩，而於 180 分鐘時香蕉和檸檬種的中種麵糰具有較強的後段發酵耐力，已能與商業酵母有相似高度的體積。
- 3.葡萄種中種麵糰的發酵體積雖然均低於其他 3 種麵糰，但整體而言，其體積仍有穩定成長，尤其是後段發酵耐力一直有持續增加。
- 4.吐司麵糰發酵至 180 分鐘時，商業酵母種與檸檬、香蕉酵母種的麵糰體積已經漸趨於一致，商業酵母  $408\text{ cm}^3$  為最高，檸檬酵母種  $395\text{ cm}^3$  與香蕉酵母種  $384\text{ cm}^3$  次之，而葡萄酵母種  $264\text{ cm}^3$  為最低。
- 5.結果顯示，商業酵母種因為經過純化培養的酵母菌較為單一，因此麵糰發酵過程並無特別受抑制或被影響，而水果中的天然菌種比較多樣化，主要有多種的天然酵母菌種和乳酸菌種，故天然酵母中種麵糰在發酵初期較受影響，初期發酵體積明顯低於商業酵母，但隨著時間增加，天然酵母菌種產生優勢生長，故後期發酵耐力即顯現出來，已能產生近似商業酵母中種麵糰的體積。

### 【實驗 D-2-1】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司體積比和體積評分的比較

## 前言：

以烘焙完成的吐司，冷卻 1 小時後，分別測量商業酵母和葡萄、香蕉和檸檬三種不同水果酵母種的吐司重量、體積，並計算其體積比，在加以比較其各別的差異性。

而吐司自生麵糰至烤熟必須要有膨脹到一定的程度。膨脹過大，會影響到內部組織，使其內部多孔而過分鬆軟；但若膨脹不夠，會使組織緊密、顆粒粗糙。本實驗在製作時是採用美式不帶蓋的烤模，一條標準吐司的體積，應是此吐司重量的 6 倍，最低不可低於 4.5 倍。

## 步驟：

- 1.吐司的體積比以油麻菜籽取代法測定<sup>(10)</sup>：容器倒入油麻籽裝滿後輕輕抹平，測其總體積，再將油麻菜籽鋪底層置入吐司後倒滿油麻菜籽，抹平後，測量多出的體積，即為麵包體積。  
計算公式：體積比( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) = 麵包體積( $\text{cm}^3$ ) / 麵包重量(g)



2.白麵包體積評分法測定<sup>(7)</sup>：根據下表查得體積的評分；體積部份滿分是 10 分，及格是 8 分。

表 14、美式不帶蓋作烘焙試驗之白麵包體積評分法

麵包體積比	6.6~7.1	6.1~6.5	5.6~6.0	5.1~5.5	4.6~5.0	4.0~4.5	3.6~3.9
應得體積之評分	9.0	9.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0

## 結果：

表 15、商業酵母與天然水果酵母對吐司的重量、體積、體積比和體積評分之比較

吐司	比較項目 <sup>x</sup>	重量(g) <sup>yz</sup>	體積(cm <sup>3</sup> ) <sup>yz</sup>	麵包體積比(cm <sup>3</sup> /g) <sup>yz</sup>	應得體積之評分
商業酵母		473.8 ± 0.8 <sup>c</sup>	2,250 ± 10 <sup>c</sup>	4.75 ± 0.02 <sup>b</sup>	9.0
葡萄酵母		481.8 ± 1.8 <sup>a</sup>	2,327 ± 27 <sup>b</sup>	4.83 ± 0.09 <sup>b</sup>	9.0
香蕉酵母		480.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	2,265 ± 25 <sup>c</sup>	4.72 ± 0.15 <sup>b</sup>	9.0
檸檬酵母		481.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	2,408 ± 12 <sup>a</sup>	5.06 ± 0.03 <sup>a</sup>	9.0

x：當天做完成品放涼 1 小時後測定

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abc 不同英文字母代表重量、體積和麵包體積比在不同酵母種類具有顯著差異( $p < 0.05$ )

## 討論：

- 1.三種水果天然酵母吐司的成品重量在 480.0~481.8 g，均比商業酵母吐司重量 473.8 g 重，表示所有的水果天然酵母種吐司的保水力均優於商業酵母。
- 2.不同酵母種吐司之體積比分別為：檸檬酵母種 5.06 cm<sup>3</sup>/g 最高，其次是香蕉酵母 4.83 cm<sup>3</sup>/g，而葡萄種 4.72 cm<sup>3</sup>/g 和商業酵母 4.75 cm<sup>3</sup>/g，則無明顯差異。
- 3.一般而言，體積比愈大表示單位重量的體積愈大，即吐司組織會較蓬鬆且柔軟，因此由實驗結果可得知，水果天然酵母吐司的組織較商業酵母吐司為佳。
- 4.在應得體積評分的比較，4 種吐司都大於及格 8 分以上，且均得 9.0 分，表示體積比皆相當優良。

## 【實驗 D-2-2】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司產品外觀及高度的比較

## 前言：

吐司成品冷卻 1 小時後切片，分別以中央最高點比較其高度的差異。

## 結果：



圖 7、商業酵母和葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司外觀的比較

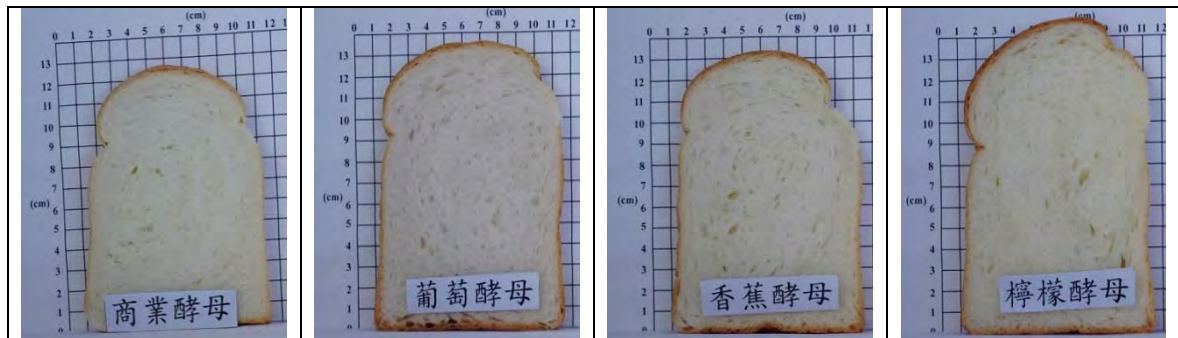


圖 8、商業酵母和葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司切片高度的比較

## 討論：

- 1.在吐司外觀高度的比較，由最高至低為：檸檬酵母吐司 13.8 cm 最高、葡萄 13.6 cm、香蕉 13.3 cm、而商業酵母 12.6 cm 為最低。結果顯示，就外觀觀察，仍為水果天然酵母吐司的體積最高。

### 【實驗 D-3】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之餐包擴展比的比較

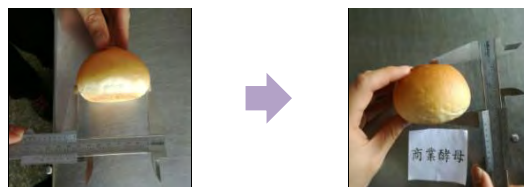
## 前言：

吐司的麵糰分割  $40\text{ g} \pm 0.1\text{g}$ ，滾圓並整形成圓餐包，發酵後以上火  $180^\circ\text{C}$ ／下火  $160^\circ\text{C}$ ，烤焙 8 分至熟，冷卻 1 小時後，以寬度和高度之比而得擴展比，一般而言，擴展比越小代表餐包越挺立。

## 步驟：

餐包冷卻 1 小時後，利用游標卡尺測量其寬度與高度。

計算公式：餐包擴展比 = 寬度 (mm) / 高度 (mm)



## 結果：

表 16、商業酵母與葡萄、香蕉、檸檬水果酵母種餐包擴展比之比較

餐包商品	比較項目 <sup>x</sup>	重量 <sup>yz</sup> (g)	寬度 <sup>yz</sup> (mm)	高度 <sup>yz</sup> (mm)	擴展比 <sup>yz</sup>
商業酵母		34.67 ± 0.29 <sup>a</sup>	72.50 ± 1.90 <sup>c</sup>	42.93 ± 0.14 <sup>c</sup>	1.69 ± 0.05 <sup>a</sup>
檸檬酵母		35.17 ± 0.29 <sup>a</sup>	73.55 ± 2.07 <sup>b</sup>	46.33 ± 1.59 <sup>b</sup>	1.59 ± 0.07 <sup>b</sup>
葡萄酵母		35.17 ± 0.29 <sup>b</sup>	75.57 ± 2.86 <sup>b</sup>	46.07 ± 1.86 <sup>b</sup>	1.64 ± 0.11 <sup>ab</sup>
香蕉酵母		35.67 ± 0.29 <sup>b</sup>	76.67 ± 1.33 <sup>a</sup>	48.38 ± 1.86 <sup>a</sup>	1.59 ± 0.08 <sup>b</sup>

x：當天做完成品放涼 1 小時後測定

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abc 不同英文字母代表重量、寬度、高度和擴展比在不同酵母種類具有顯著差異( $p < 0.05$ )

## 討論：

- 1.餐包擴展比結果，以檸檬酵母和香蕉酵母 1.59 最低，其次是葡萄酵母 1.64，最大值為商業酵母 1.69。
- 2.餐包擴展比愈大代表愈扁平，擴展比愈小代表愈挺立；而在比容積方面則是值愈大代表品質愈佳。
- 3.由表 15、表 16 相呼應得證，檸檬酵母吐司的比容積最大、擴展最小，所得的品質最好。

## 【實驗 D-4】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬天然酵母種之吐司水分喪失率變化的影響

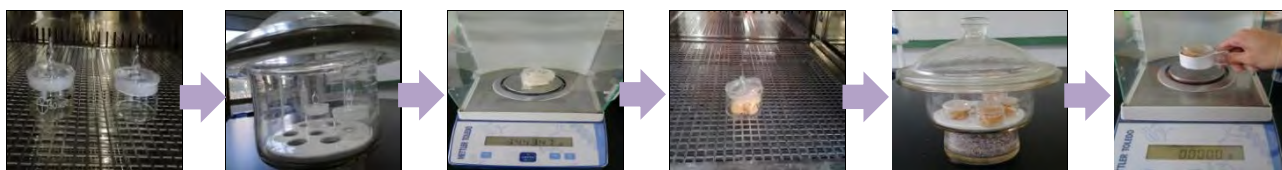
### 前言：

麵包在貯放期間，內部自由水會與澱粉等親水物質相結合而使水分減少，其自由水與結合水之比例改變會影響水分重新分佈，實驗以各吐司樣品出爐 1 小時冷卻後，以 PE 袋仿麵包店包裝貯存在室溫，以水分喪失率來了解麵包的老化變硬關係。

### 步驟：

食品含水量測定<sup>(6)</sup>：吐司出爐 1 小時後，取吐司心精稱約 5 g 入恆重的秤量瓶→以烘箱 105℃，乾燥 4 小時，放至乾燥器冷卻，精稱其重量→24 小時後，再重覆操作。

計算公式：水分喪失率=(新鮮吐司水份重÷吐司乾重)-(放置 24 小時吐司水份重÷吐司乾重)×100%



## 結果：

表 17、商業酵母與葡萄、香蕉、檸檬水果酵母種吐司水分喪失率的比較

吐司商品 <sup>x</sup>	商業酵母	葡萄酵母	香蕉酵母	檸檬酵母
水分喪失率 <sup>yz</sup> (%)	1.61 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.05 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>d</sup>

x：當天做完成品放涼 1 小時後測定

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcd 不同英文字母代表水分喪失率在不同的吐司商品具有顯著差異( $p < 0.05$ )

## 討論：

- 結果顯示，吐司樣品水分喪失率由高至低分別為商業酵母 1.61%、香蕉酵母 1.05%、葡萄 0.47%和檸檬 0.07%；其中以檸檬酵母種的吐司水分保留最高，天然酵母的中種麵糰主要功能為產酸，使 pH 值下降、供酵母良好的發酵環境，期間所生成的乳酸、游離酸和金屬離子反應形成乳酸鹽，在麵糰中可提高其保濕性和柔軟性，故可增加貯藏性之功效<sup>(5)</sup>。
- 商業酵母比天然酵母種的吐司明顯水分喪失很多，其中天然酵母的抗老化功能可能與中種麵糰酸化和蛋白質水解酵素有關，因此添加中種麵糰的延展性與柔軟性比商業酵母佳且老化速度慢。

## 【實驗 D-5】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司物性測定的比較

### 前言：

樣品吐司出爐放涼 1 小時後，利用組織物性分析儀進行吐司機械特性之測定。

### 步驟：

以物性測定儀測定吐司機械特性，使用模式為 TPA micro，並使用直徑 35 mm 圓柱型探頭連續下壓兩次後停止，每種樣品取 10 個樣品，測其 3 重覆值求其平均值。



葡萄酵母吐司



檸檬酵母吐司



香蕉酵母吐司



商業酵母吐司

## 結果：

表 18、商業酵母與天然水果酵母對吐司物性測定之比較

物性 <sup>x</sup> 吐司商品	硬度 <sup>yz</sup> (g)	咀嚼度 <sup>yz</sup> (g)	彈性 <sup>yz</sup> (%)	膠強度 <sup>yz</sup> (g)	纖維性 <sup>yz</sup> (mm)
商業酵母	253.59 ± 0.54 <sup>a</sup>	194.32 ± 0.14 <sup>a</sup>	214.36 ± 0.19 <sup>d</sup>	96.65 ± 0.12 <sup>d</sup>	16.38 ± 0.24 <sup>d</sup>

檸檬酵母	180.91 ± 0.12 <sup>d</sup>	114.36 ± 0.16 <sup>c</sup>	274.36 ± 0.54 <sup>a</sup>	150.26 ± 0.10 <sup>a</sup>	23.82 ± 0.13 <sup>a</sup>
葡萄酵母	218.36 ± 0.19 <sup>b</sup>	126.54 ± 0.19 <sup>d</sup>	246.89 ± 0.19 <sup>b</sup>	108.32 ± 0.10 <sup>b</sup>	21.81 ± 0.12 <sup>b</sup>
香蕉酵母	210.39 ± 0.12 <sup>c</sup>	146.65 ± 0.37 <sup>b</sup>	236.23 ± 0.17 <sup>c</sup>	106.26 ± 1.85 <sup>c</sup>	19.57 ± 0.09 <sup>c</sup>

x：當天做完吐司成品放涼 1 小時後測定

y：Values are mean ± SD, n=3

z：abcd 不同英文字母代表物性之硬度、彈性、咀嚼度、膠強度及纖維性在不同酵母種類具有顯著差異( $p < 0.05$ )

## 討論：

- 1.在硬度值和咀嚼度值方面，商業酵母種吐司分別為 253.59 g、194.32 g 明顯高於三種酵母種吐司，其中以檸檬酵母種吐司分別 180.91 g、114.36 g 為最低。
- 2.彈性度也以檸檬酵母種吐司 274.36%為最高，而商業酵母吐司 214.36%最低。
- 3.結果顯示以檸檬天然酵母中種麵種製作的吐司硬度值與咀嚼度值低時，吐司則愈具彈性。
- 4.在膠強度值和纖維性值方面，檸檬天然酵母種吐司分別為 150.26 g、23.82 mm 高於商業酵母吐司 96.65 g、16.38 mm，表示天然酵母種(尤其是檸檬酵母)吐司具有最佳的保水、柔軟且組織細緻的產品。

## 【實驗 D-6】商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司喜好性官能品評的比較

### 前言：

本實驗針對商業酵母吐司與葡萄、香蕉和檸檬 3 種天然酵母種吐司，進行喜好性官能品評試驗，希望瞭解消費者對不同吐司各種特性之喜好接受程度。

### 步驟：

官能品評採喜好性 9 分制評分法，品評員為 60 人，分別接受出爐 1 小時後的商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬酵母種四種吐司，進行依照組織質地、柔軟度、果香味、咀嚼彈性、風味和整體喜好性 6 種項目進行評估。

表 19、水果天然酵母吐司之消費者喜好性品評試驗問卷表<sup>(3)</sup>

水果天然酵母吐司品評試驗表	
非常感謝您參與本次「水果天然酵母吐司」產品的品評，藉此讓我們了解品評感官情形並提升日後品質改良的參考，煩請撥冗填答下列問卷。再次感謝您的協助與支持！！	
1.個人資料：性別： <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	
年齡： <input type="checkbox"/> 15~25 <input type="checkbox"/> 26~35 <input type="checkbox"/> 36~35 <input type="checkbox"/> 46 歲以上	
2.品評方法：	
(1)品評項目：先觀察樣品之組織、柔軟度、嗅覺(果香味)後，再進行咀嚼味道及整體性品評	
(2)品評方法：先漱口，再吞入一口水(去除喉間餘味)，待 10 秒再品評	

(3)樣品可重複品評

(4)評分標準：1-非常不喜歡、2-很不喜歡、3-不喜歡、4-有點不喜歡、5-普通、6-有點喜歡、7-喜歡、8-很喜歡、9-非常喜歡

項目	組織質地	柔軟度	果香味	咀嚼彈性	風味	整體喜好度
565						
564						
716						
346						

組織質地：吐司組織細緻度

柔軟度：吐司柔軟度

果香味：聞起來的味道

咀嚼彈性：吃起來的咬感

風味：在口中咀嚼後之味道和氣味

整體性：綜合感覺

3.回饋：\_\_\_\_\_

## 結果：

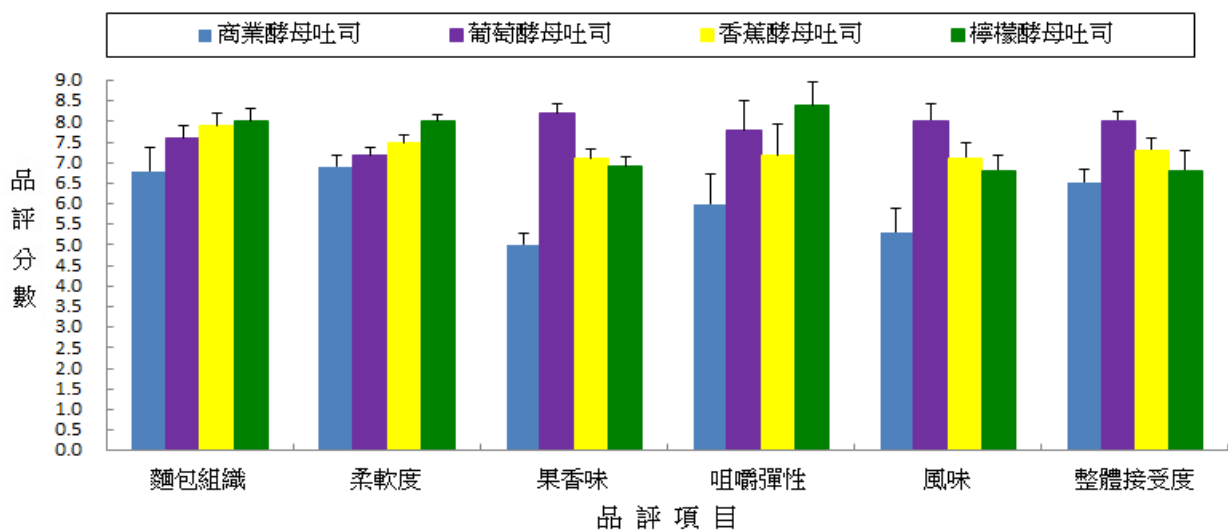


圖 9、商業酵母與葡萄、香蕉和檸檬天然酵母種之吐司官能品評的比較

## 討論：

- 1.在吐司組織質地、柔軟度及咀嚼彈性品評項目，以天然水果酵母種吐司的品評分數明顯大於商業酵母吐司，同前面實驗的結果，以天然酵母中種麵糰製作吐司可以提升成品組織，吐司具有相當好的保濕感和柔軟性，而以檸檬酵母種吐司的分數接受度最高。
- 2.在果香味、風味品評項目，則以葡萄酵母種吐司的分數為最高分，據品評員回饋表示，吃完葡萄種吐司後仍有酸酸甜甜的風味和果香味廣受接受。
- 3.天然酵母中種麵糰產生的香氣有酵母味、水果味、酸味和特殊風味，而商業酵母吐司因所使用為純化過的酵母菌，只產生酸味，和麵粉的麥香味。
- 4.在整體接受度方面，以葡萄酵母種吐司保留有柔和的果香味和風味為最高分，香蕉酵母種適中，而檸檬酵母種與商業酵母較低且值較接近；其中品評員對檸檬酵母吐司接受度為兩

極化，檸檬的清香是可被接受的，但是在苦味的部分是不被接受的，推測因而導致整體接受品評度產生明顯差異性。

- 5.好吃的麵包是野生酵母和乳酸菌相乘的效果，其中野生酵母負責麵包的體積，而乳酸菌負責麵包口感、風味和香氣的菌源，整體而言，天然酵母種的吐司仍具勝過商業酵母吐司的優勢。

### 【實驗 D-7-1】葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司基礎營養分析

#### 前言：

將葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司做基礎營養成分分析比較。

#### 結果：

表 20、每 100 公克水果天然酵母吐司營養組成之比較<sup>(12)(18)</sup>

營養組成	葡萄酵母種吐司	香蕉酵母種吐司	檸檬酵母種吐司
熱量 (Kcal)	280.7	282.7	276.7
蛋白質 (g)	6.7	6.7	6.7
脂肪 (g)	5.9	5.9	5.9
飽和脂肪 (g)	2.9	2.9	2.9
反式脂肪 (g)	0.0	0.0	0.0
碳水化合物 (g) <sup>y</sup>	50.2	50.7	49.2
鈉 (mg) <sup>z</sup>	252.4	252.4	252.4

y：數值包含配方中的糖量及葡萄、香蕉和檸檬水果酵母種振盪法培養液第 2 天的糖度推算量。

z：鈉含量為配方中的食鹽量推算值，及水果本身鈉含量。

#### 討論：

- 1.我們發現本實驗製作的天然酵母種吐司鈉含量均不高，比起世界衛生組織(WHO)指出，成人每日攝取鈉含量為 2,000 mg 來的低許多。以 1 份 100 公克的培根而言，其鈉含量就高達 1,500 mg，所以，相較之下，水果天然酵母土司即是不會造成身體的負擔的低鈉食品。
- 2.在 3 種天然吐司營養組成之比較中如表 20，就熱量而言，其中以檸檬酵母種吐司熱量最低為 276.7 Kcal/100 克，主因是其檸檬種培養液所含糖分最少，其次為葡萄酵母種吐司 280.7 Kcal/100 克，熱量較高的為香蕉酵母種吐司 282.7 Kcal/100 克。而在其他的成分比較上，較

無明顯差異性。

3.另外，水果經振盪會溶出許多水溶性營養素，以及本實驗中所使用的食材並無一般的氫化油，所以成分上亦無任何的反式脂肪，是屬於健康天然的吐司。

### 【實驗 D-7-2】葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司成本效益比較

#### 前言：

將葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司做成本效益分析比較。

#### 結果：

表 21、水果天然酵母吐司(520 公克／條)之成本效益比較

原料	比較項目	每公克重 價格(元)	吐司(%)	吐司(g) <sup>y</sup>	水果天然酵母種吐司成本(元)		
					葡萄 <sup>x</sup>	香蕉 <sup>x</sup>	檸檬 <sup>x</sup>
中 種 麵 糰	高筋麵粉	0.04	54	155	6.20	6.20	6.20
	葡萄 <sup>z</sup>	0.12	(54)	(155)	(14.53)	—	—
	香蕉 <sup>z</sup>	0.07	(54)	(155)	—	(10.13)	—
	檸檬 <sup>z</sup>	0.08	(54)	(155)	—	—	(10.24)
主 麵 糰	細砂糖	0.04	10	29	1.16	1.16	1.16
	高筋麵粉	0.04	46	132	5.28	5.28	5.28
	細砂糖	0.04	8	23	0.92	0.92	0.92
	食鹽	0.02	1	3	0.06	0.06	0.06
	脫脂奶粉	0.28	4	11	3.08	3.08	3.08
	雞蛋	0.07	10	29	2.03	2.03	2.03
	奶油	0.30	10	29	0.87	0.87	0.87
合計		1.22	187	537	34.13	29.70	29.84

x：葡萄、香蕉和檸檬培養液增重比率分別為：1.28%、1.53%和 1.21%

y：吐司成品 520 公克，製程損耗率 3%

z：水果每斤市售：巨峰葡萄 69 元、香蕉 40 元、檸檬 50 元，新鮮香蕉果肉取率 70%

#### 討論：

1.實驗結果發現，在培養水果天然酵母液時，其培養液在振盪 2 天的期間，葡萄、香蕉和檸檬的培養液分別增重有 1.28%、1.53%和 1.21%，吐司商品額外增加有本身水果的營養素也能降低些許成本。

- 2.天然酵母種吐司成本之比較如表 21，其中檸檬種吐司成本最低，每條(520 克)29.84 元，香蕉種吐司每條(520 克)29.70 元，價格最高是葡萄種吐司，每條(520 克)34.13 元，較香蕉吐司多支出 4.43 元。
- 3.台灣四季的變化會影響水果產量，易導致價格起起落落，而我們的實驗可應用各種季節所生產的水果製作天然酵母吐司，即可協助果農面對壞果及產量過剩之困境。
- 4.一般市面上所販售的天然酵母吐司平均為每條(520 克)180~500 元<sup>(19)(20)(21)</sup>，相較之下，本實驗所使用的成本即低非常的多。且亦將業者較難克服營養成分表示及水果天然酵母液培養的時間縮短而有了改善，因此本實驗製作的天然吐司已相當具有商品價值，若再進一步發展，應可製作出地方特色商品，來增加農民收益，減少產季過剩而不必要的浪費，一舉數得。

## 伍、研究結論

### 一、實驗結論

#### A、靜置法培養水果天然酵母種產氣比較之探討

- 1.以本土在地水果小番茄、李子、葡萄、香蕉、檸檬、蘋果和百香果 7 種新鮮水果，以糖水作為營養源，利用靜置法培養，觀察後初步認為大部份水果都可以培養出果實本身富含的微生物(主要是酵母菌和乳酸菌)及一些酵素活性，而其中以香蕉、葡萄、檸檬的培養產氣效果為較佳、產氣量也較持久。

#### B、水果天然酵母種靜置法與振盪法培養期間培養液差異之探討

- 1.葡萄、香蕉和檸檬酵母種培養液振盪法 2 天時，pH 值在 3.90~4.77、糖度在 14.3~19.2 °Brix，有最佳的培養結果。
- 2.水果天然酵母種培養液利用振盪法 2 天即能有靜置法 5 天的產氣及酵母量，而這也是製作中種麵糰為最佳時機，此法大為縮短培養時間，可取代傳統水果天然酵母製作方法。

#### C、比較靜置與振盪法培養水果酵母種之中種麵糰發酵產氣能力及培養天數之探討

- 1.應在基本發酵箱  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 75%的條件下進行培養中種麵糰 4 小時後移入冰箱冷藏，隔天再作添粉及培養液動作，才能保留較佳的酵母源。

- 2.以水果天然酵母種振盪 2 天之培養液，再製作中種麵糰，在第 2 天時麵糰已具有最佳的膨脹力，也是製作麵包的最適時機。而靜置法則需 5 天培養及 3~4 天中種麵糰培養才能進行吐司製作，故此法亦大為縮短培養時間，即可取代傳統的發酵中種麵糰製作方法。

#### **D、振盪培養水果天然酵母種之中種麵糰吐司和商業酵母吐司的品質比較之探討**

- 1.水果酵母種麵包體積比、擴展比與彈性、膠強性和纖維性之物性測定值皆較商業酵母麵包表現理想，麵包組織細緻鬆軟、且吐司水分保留最佳；在吐司喜好性品評則以葡萄酵母種最保留清甜、芳香風味整體性最佳。
- 2.好吃的麵包是野生酵母和乳酸菌相乘的效果，其中商業酵母負責麵包的體積，而乳酸菌負責麵包口感、風味和香氣的菌源，整體而言，天然酵母種的吐司仍具勝過商業酵母吐司的優勢。

## **二、具體貢獻**

- 1.以振盪法改良傳統靜置法培養水果酵母種，可縮短歷程為 2 天。
- 2.以振盪法培養水果酵母種，可縮短中種麵糰製程至 2 天即能製作水果天然酵母種麵包。
- 3.應用時令水果為原料培養取得天然酵母種，製作純天然口感、風味和香氣的吐司。

## **陸、參考資料**

- 1.王政文（2016）。使用龍眼菌種果肉在麵包產品中。烘焙工業，190，20-24。
- 2.江春梅、陳彩雲（2014）。食品微生物實習Ⅱ。台南市：復文圖書有限公司。
- 3.李玫琳、林碩生、余豐任、何淇義（2014）。食品化學與分析Ⅱ。台南市：復文圖書有限公司。
- 4.李敬思、蔡明原（2009）。天然酵母「枸杞種」在麵包產品的應用。烘焙工業，146，41-47。
- 5.施坤河（2003）。天然酵母麵包製作-老麵於麵包上的應用講習會報導。烘焙工業，112，52-58。
- 6.馬宗能、林宏周（2015）。食品化學與分析實習Ⅰ。台南市：復文圖書有限公司。
- 7.徐華強、黃登訓、謝健一、顧德材（1990）。實用麵包製作技術。新北市：大勵彩色印刷股份有限公司。

- 8.許雅娟、王意雯、傅以中（2007）。酸老麵專輯三-由水果中培養天然微生物應用於天然酵母麵包製程之研究。烘焙工業，135，58-63。
- 9.程宜華（2012）。天然酵母麵包真的尚好嗎。健康雜誌。167。
- 10.黃忠材（2015）。食品微生物。台南市：復文圖書有限公司。
- 11.楊鵬華 譯（2000）。天然酵母的製作技術。烘焙工業，90：15-19。
- 12.鄭清和（2015）。食品營養學。台南市：復文圖書有限公司。
- 13.簡思平、曹志雄、許秀華（2012）。不同水果發酵液應用於天然酵母麵包製備及其品質特性探討。餐旅暨觀光，第9卷第4期，171-178。
- 14.蕭文君（2011）。以酒種酵母製作發麵燒餅之品質特性。台北市：中華文化大農學院生活應用科學系碩士論文。
- 15.A.A.C.C., (2000). American Association of Cereal Chemists approved Method, 10th Ed. The Association : St. Paul, MN. 10-10B.
- 16.Paramithiotis, S., Chouliaras, Y., Tsakalidou, E. and Kalantzopoulos G. (2005). Application of selected starter cultures for the production of wheat sourdough bread using a traditional three-stage procedure. *Process Biochemistry*, 40(8): 2813-2819.
- 17.農業知識網/農糧署：[http://www.tpfmc.org.tw/news\\_detailed.php?news\\_id=436](http://www.tpfmc.org.tw/news_detailed.php?news_id=436)
- 18.食品藥物消費者知識服務網：<https://consumer.fda.gov.tw/People.aspx>
- 19.<http://www.angel-bake.com.tw/index3.html>
- 20.<http://www.archbread.com.tw/index.aspx?u=boulangerie&uu=boulangerie&i=pro&kind=0001>
- 21.<https://zh-tw.facebook.com/GAKUDEN/>

## 【評語】 052206

1. 選用地新鮮水果探討天然菌種培養之條件與其在烘焙上之應用。
2. 數據足以證實結論及釋義。
3. 原料來源差異性須注意。

作品海報

# 摘要

本實驗選用地新鮮水果，探討最佳的**天然酵母液育種**、**中種麵糰的發酵培養**條件及其**應用在吐司製作**之可適性，與商業酵母吐司在品質特性上的差異。結果顯示，葡萄、香蕉和檸檬三種水果，利用靜置法方式培養酵母液和中種麵糰的培養，分別需要5天和3天；若改以 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，150 rpm恆溫振盪法方式培養，各只需2天時間，從**培養水果天然酵母至完成吐司成品只需4天時間**，進而縮短培養天數，更能減少污染率。並應用三種水果酵母種振盪培養液製作吐司與商業酵母吐司做比較，水果天然酵母種麵糰體積比與擴展比表現優於商業酵母，在物性測定各值也以水果天然酵母種具彈性大、膠強性高和纖維性高，具有明顯延緩麵包老化、提高質地鬆軟、保水等特性；吐司感官品評以葡萄酵母種最保留清甜、芳香風味整體性最佳。

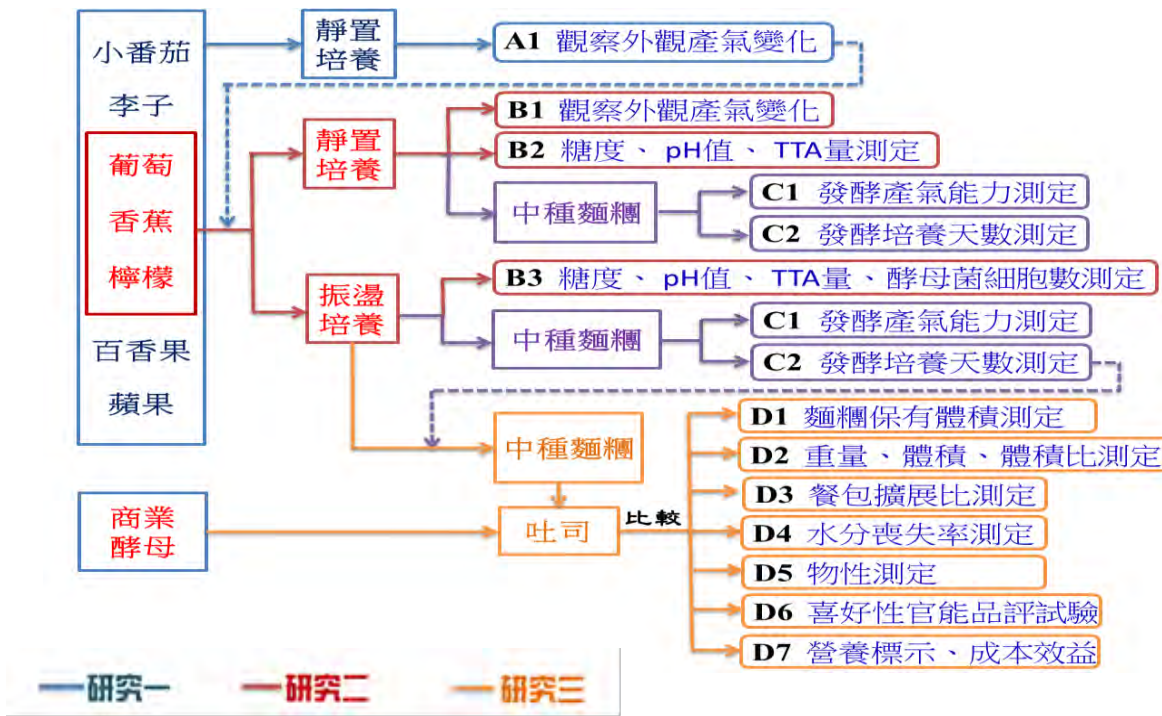
## 壹、研究動機

在高二的食品專業課程「食品微生物」，這門課中得知，麵包發酵重要的靈魂物之一是酵母菌，它能夠產生二氧化碳氣體，具有膨大麵糰的作用，加上研究資料指出天然酵母為複合微生物群，發酵時除了氣體，還有相當多的乳酸菌與醋酸菌，能代謝糖類產生醋酸與乳酸等，使產品形成獨特風味。本實驗以在地新鮮水果培養出不同天然酵母來源，期望製備出不同的香氣與風味，並可以減少(或取代)吐司配方中的商業酵母，符合現代人追求自然養生的概念。

## 貳、研究目的

- 一、了解市售水果利用靜置法與振盪法培養天然酵母種之可行性
- 二、探討靜置法與振盪法培養天然酵母液及製作中種麵糰之差異及其最適條件
- 三、比較商業酵母與水果天然酵母吐司各品質之差異

## 參、研究架構



## 肆、研究過程及方法

### 【水果酵母種培養液靜置培養法之製備】

罐子殺菌→水果以冷開水洗淨、風乾、切丁→**水果：冷開水：糖 = 4 : 4 : 1**入罐→混勻後蓋上保鮮膜密封→室溫靜置培養



### 【水果酵母種培養液振盪培養法之製備】

三角瓶(加棉花塞)乾熱滅菌→在無菌操作台內將材料混合→放入恆溫振盪槽，以 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，150 rpm恆溫振盪培養



### 【水果酵母種中種麵糰的發酵培養之製備】

取水果培養液過濾→**培養液：高筋麵粉 = 1 : 1**(第2天起1/2 : 1/2)→混合拌勻→放入發酵箱(溫度： $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相對濕度：75%、時間：4小時)→冰箱冷藏→隔天再重複動作發酵



A、靜置法培養水果天然酵母種產氣比較之探討

【A-1】常見7種水果天然酵母種靜置法培養期間產氣之影響

番茄和香蕉在第2天時已產生許多氣泡為最快且果實已上浮，但番茄氣泡第4天後即減弱；葡萄和檸檬分別都在第3天至第5天有最大產氣量，與香蕉同樣都能維持至第7天，為產氣最佳的三種水果培養液(表1)。

表 1、常見各種水果天然酵母種培養液靜置法培養期間外觀之變化

水果	第0天	第1天	第2天	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天
小番茄								
李子								
葡萄								
香蕉								
檸檬								
蘋果								
百香果								

B、水果酵母種靜置與振盪法培養期間培養液差異之探討

【B-1】葡萄、香蕉和檸檬酵母種靜置培養期間各理化值之影響

由表2實驗結果得知，發酵液的TTA量，會隨著培養時間增長，pH值降低而增加。三種培養液實驗結果在第5天時，葡萄種培養液pH值為4.67、糖度為17.8°Brix，香蕉種培養液pH值為4.83、糖度為19.6°Brix和檸檬種培養液pH值為3.93、糖度為14.8°Brix，接近最適培養液之pH值4.3，糖度18°Brix的條件，因此葡萄、香蕉和檸檬種靜置培養天然酵母液完成時間落在第5天。

表 2、3 種水果酵母種在靜置法培養期間糖度、pH 值和 TTA 量之變化

水果	培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>mg</sup> (mL)
		糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)	
葡萄	1	20.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	4.97 ± 0.03 <sup>a</sup>	27.1	10.8 ± 0.1 <sup>d</sup>
	3	18.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	26	4.75 ± 0.02 <sup>b</sup>	26.9	11.2 ± 0.1 <sup>c</sup>
	5	17.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	26	4.67 ± 0.01 <sup>c</sup>	26.9	11.4 ± 0.1 <sup>b</sup>
	7	17.2 ± 0.1 <sup>d</sup>	27	4.58 ± 0.02 <sup>d</sup>	27.0	11.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
香蕉	1	22.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	5.30 ± 0.02 <sup>a</sup>	27.2	10.6 ± 0.2 <sup>c</sup>
	3	20.8 ± 0.0 <sup>b</sup>	26	5.15 ± 0.01 <sup>b</sup>	27.0	10.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
	5	19.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	26	4.83 ± 0.01 <sup>c</sup>	27.0	11.2 ± 0.1 <sup>a</sup>
	7	18.6 ± 0.0 <sup>d</sup>	27	4.68 ± 0.01 <sup>d</sup>	27.1	11.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
檸檬	1	16.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	27	4.24 ± 0.01 <sup>a</sup>	27.1	11.8 ± 0.1 <sup>d</sup>
	3	15.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	26	4.10 ± 0.02 <sup>b</sup>	27.0	12.1 ± 0.1 <sup>c</sup>
	5	14.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	26	3.93 ± 0.01 <sup>c</sup>	27.0	12.8 ± 0.1 <sup>b</sup>
	7	14.2 ± 0.0 <sup>d</sup>	27	3.78 ± 0.01 <sup>d</sup>	27.0	13.0 ± 0.1 <sup>a</sup>

x: 總滴定酸 (Total Titrable Acidity, TTA) 以毫升(mL)量表示 y: Values are mean ± SD, n=3  
z: abcd 不同英文字母代表糖度、pH 值和 TTA 在不同培養天數具有顯著差異(p<0.05)

【B-2】檸檬酵母種培養液在靜置法培養期間產氣變化之影響

結果得知，以第5天靜置法培養液製作中種麵糰為最佳時機。

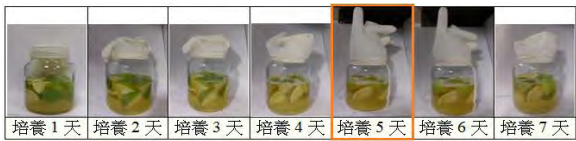


圖 1、檸檬酵母種之培養液靜置培養期間外觀之變化

【B-3】葡萄、香蕉和檸檬酵母種振盪培養期間各理化值之影響

振盪法培養至第2天時，葡萄種培養液pH值為4.64、TTA量11.5 mL，香蕉種培養液pH值為4.77、TTA量11.2 mL和檸檬種發酵液pH值3.90，糖度14.3 °Bx，TTA量13.1 mL(表3)，與靜置法培養在第5天時有接近的各值。而在第2天時，各培養液的酵母菌細胞數皆已達到1.2~4.2×10<sup>8</sup>(株/cm<sup>3</sup>)。

表 3、3 種水果酵母種在振盪法培養期間各理化值和微生物值之變化

水果	培養天數	糖度		pH 值		TTA <sup>mg</sup> (mL)	酵母菌細胞數 (株/cm <sup>3</sup> ) <sup>yz</sup>
		糖度 <sup>yz</sup> (°Brix)	液溫(°C)	pH 值 <sup>yz</sup>	液溫(°C)		
葡萄	1	19.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	26	4.79 ± 0.01 <sup>a</sup>	26.0	11.1 ± 0.1 <sup>c</sup>	0
	2	17.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	26	4.64 ± 0.01 <sup>b</sup>	26.1	11.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	4.2 × 10 <sup>8</sup>
	3	15.2 ± 0.1 <sup>c</sup>	26	4.02 ± 0.01 <sup>c</sup>	26.0	12.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 × 10 <sup>8</sup>
	1	21.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	26	5.19 ± 0.02 <sup>a</sup>	26.1	10.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	0
香蕉	2	19.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	26	4.77 ± 0.01 <sup>b</sup>	26.0	11.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.2 × 10 <sup>8</sup>
	3	16.4 ± 0.1 <sup>c</sup>	26	4.22 ± 0.01 <sup>c</sup>	26.0	11.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	5.3 × 10 <sup>7</sup>
	1	15.6 ± 0.1 <sup>c</sup>	26	4.12 ± 0.01 <sup>c</sup>	26.0	11.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	0
	2	14.3 ± 0.0 <sup>d</sup>	26	3.90 ± 0.01 <sup>d</sup>	26.0	13.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	3.7 × 10 <sup>8</sup>
檸檬	3	13.4 ± 0.1 <sup>d</sup>	26	3.52 ± 0.01 <sup>d</sup>	26.0	15.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 × 10 <sup>8</sup>

w: Values are mean ± SD, n=3 x: abcd 不同英文字母代表糖度、pH 值、TTA 量在不同培養天數具有顯著差異(p<0.05)  
y: 酵母菌細胞數(400倍) z: 總滴定酸(Total Titrable Acidity, TTA)以毫升(mL)量表示

【B-4】葡萄、香蕉和檸檬酵母種振盪培養液顯微鏡之觀察

圖4為商業酵母和葡萄、香蕉和檸檬振盪至第2天培養液在PDA(馬鈴薯培養基)上，不同的菌落，在顯微鏡400倍下各酵母種的形狀，有球形、卵形、橢圓形、胡瓜形或臘腸形等不同的酵母菌。

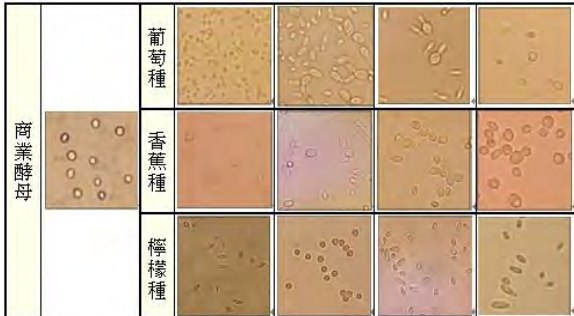


圖2、商業酵母與3種水果酵母種在PDA培養基不同之菌落400倍鏡檢圖

C、水果酵母靜置與振盪法培養液之中種麵糰發酵產氣能力和培養天數差異之探討

【C-1】葡萄酵母種靜置與振盪法培養液之中種麵糰發酵產氣之影響

表4顯示，葡萄酵母種的中種麵糰以振盪法培養優於靜置法的培養。

表4、葡萄種靜置與振盪法第2天培養液之中種麵糰發酵產氣外觀變化

葡萄酵母種	第0小時	第2小時	第4小時	第6小時	第8小時
靜置法					
振盪法					

圖3~5利用振盪法培養的三種水果酵母種之中種麵糰在第0~4小時間因酵母菌的增殖使其中種麵糰產氣力快速，而在第4小時後有下降的趨勢；綜合結果，以中種麵糰在26 ± 1°C、相對濕度75%的條件下每天發酵4小時後即移入冰箱冷藏，第2天再繼續餵養為最佳時間。

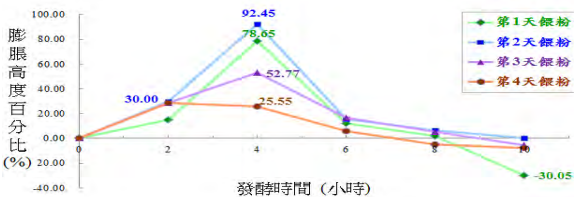


圖3、葡萄種振盪2天培養液在第1~4天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

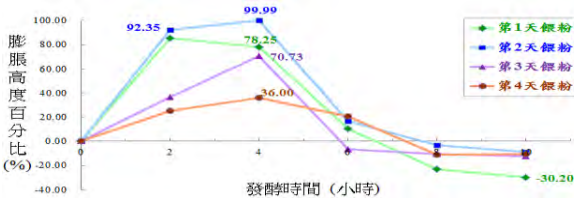


圖4、香蕉種振盪2天培養液在第1~4天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

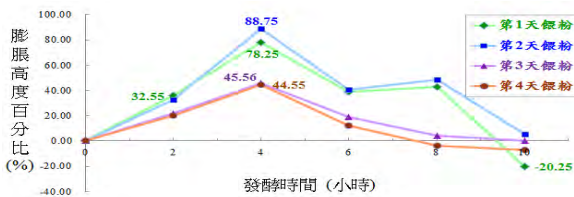





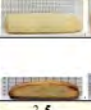














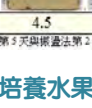
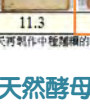
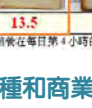
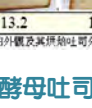
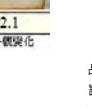
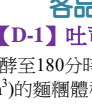
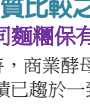
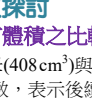
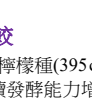
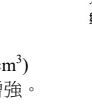


圖5、檸檬種振盪2天培養液在第1~4天期間每日中種麵糰產氣能力之變化

【實驗C-2】葡萄酵母種不同培養法之中種麵糰培養天數的影響

烘焙實驗結果顯示，應用振盪法之葡萄種培養液之中種麵糰第2至3天所製作的烘焙吐司麵包最高峰為13.5~13.2 cm為體積最大，切面組織的氣室較顯著。以靜置法之中種麵糰發酵速率較低，在第3至4天的吐司麵包最高峰為12.5~10.5 cm體積較小，口感略酸。結論：水果天然酵母培養液之中種麵糰的產氣能力以振盪法的第2天優於靜置法的第3天。

表5、葡萄酵母種靜置與振盪培養液之中種麵糰每日第4小時外觀變化

		第0小時	第1天	第2天	第3天	第4天
靜置法	中種醱酵 每日發酵 外觀					
	烘培吐司外觀					
	烘培吐司切面					
	吐司最高峰(cm)	3.5	6.5	7.5	12.5	10.5
振盪法	中種醱酵 每日發酵 外觀					
	烘培吐司外觀					
	烘培吐司切面					
	吐司最高峰(cm)	4.5	11.3	13.5	13.2	12.1

x：葡萄酵母種培養液靜置法第3天與振盪法第3、4天所製作中種麵糰的培養在每日第4小時的外觀及其烘培吐司外觀變化

D、振盪培養水果天然酵母種和商業酵母吐司  
各品質比較之探討

【D-1】吐司麵糰保有體積之比較

吐司麵糰發酵至180分時，商業酵母(408cm³)與檸檬種(395cm³)、香蕉種(384cm³)的麵糰體積已趨於一致，表示後續發酵能力增強。

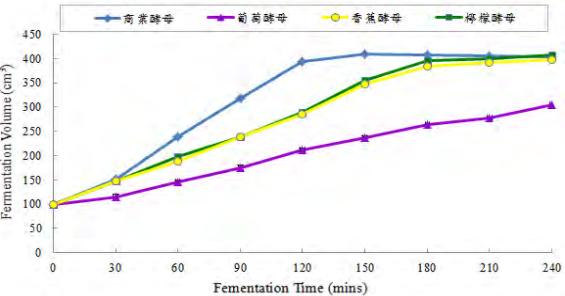


圖6、商業酵母與水果酵母種之吐司麵糰保有體積的比較

【D-2】吐司體積比、體積分和麵包擴展比之比較

餐包擴展比愈大代表愈扁平，擴展比愈小代表愈挺立愈好；而在體積分方面則是值愈大代表品質愈佳。**檸檬酵母吐司的體積比最大、擴展比最小，所得的品質最好。**

表6、商業與水果酵母種吐司體積比、體積分與餐包擴展比之比較

酵母源	吐司			餐包	
	重量(g) <sup>y,z</sup>	體積比(cm³/g) <sup>y,z</sup>	體積分	重量 <sup>y,z</sup> (g)	擴展比 <sup>y,z</sup>
商業酵母	473.8 ± 0.8 <sup>c</sup>	4.75 ± 0.02 <sup>b</sup>	9.0 <sup>a</sup>	34.67 ± 0.29 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.05 <sup>a</sup>
葡萄酵母	481.8 ± 1.8 <sup>a</sup>	4.83 ± 0.09 <sup>b</sup>	9.0 <sup>a</sup>	35.17 ± 0.29 <sup>a</sup>	<b>1.59 ± 0.07<sup>b</sup></b>
香蕉酵母	480.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	4.72 ± 0.15 <sup>b</sup>	9.0 <sup>a</sup>	35.17 ± 0.29 <sup>a</sup>	1.64 ± 0.11 <sup>ab</sup>
檸檬酵母	481.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	<b>5.06 ± 0.03<sup>a</sup></b>	9.0 <sup>a</sup>	35.67 ± 0.29 <sup>b</sup>	<b>1.59 ± 0.09<sup>b</sup></b>

x：當天完成成品放涼1小時後測定  
y：Values are mean ± SD, n=3  
z：abc不同英文字母代表吐司的重量、體積比和體積分與餐包的重量和擴展比在不同的吐司種類具有顯著差異(p<0.05)

【D-3】吐司成品切片高度之比較

吐司高度：**水果酵母種**(檸檬(13.8 cm) > 葡萄(13.6 cm) > 香蕉(13.3 cm)) > **商業酵母**(12.6cm)

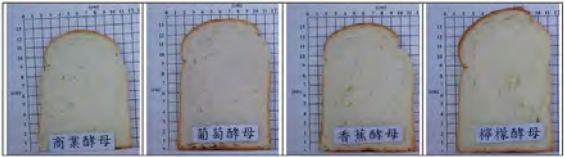


圖7、商業酵母和葡萄、香蕉和檸檬酵母種之吐司切片高度的比較

【D-4】吐司成品水分喪失率變化的比較

**天然酵母種**比商業酵母種吐司水分喪失較少(表7)，證實天然酵母種的抗氧化功能與中種麵糰酸化和蛋白質水解酵素有關，因此添加中種麵糰的延展性與柔軟性**比商業酵母佳且老化速度慢。**

表7、商業酵母與天然水果酵母對吐司水分喪失率的比較

吐司商品 <sup>x</sup>	商業酵母	葡萄酵母	香蕉酵母	檸檬酵母
水分喪失率 <sup>y,z</sup> (%)	1.61 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.05 ± 0.02 <sup>b</sup>	<b>0.07 ± 0.01<sup>d</sup></b>

x：當天完成成品放涼1小時後測定  
y：Values are mean ± SD, n=3  
z：abcd不同英文字母代表水分喪失率在不同的吐司商品具有顯著差異(p<0.05)

【D-5】吐司成品各物性差異之比較

表8結果顯示，以**水果天然酵母種**之中種麵糰製作的吐司硬度值與咀嚼度值低時，**吐司有較佳的彈性**，其中以檸檬種最優。

表8、商業酵母與天然水果酵母對吐司物性測定之比較

吐司商品	物性 <sup>1</sup>	硬度 <sup>y,z</sup> (g)	咀嚼度 <sup>y,z</sup> (g)	彈性 <sup>y,z</sup> (%)	膠強度 <sup>y,z</sup> (g)	纖維性 <sup>y,z</sup> (mm)
商業酵母		253.59 ± 0.54 <sup>a</sup>	194.32 ± 0.14 <sup>a</sup>	214.36 ± 0.19 <sup>d</sup>	96.65 ± 0.12 <sup>d</sup>	16.38 ± 0.24 <sup>d</sup>
檸檬酵母		<b>180.91 ± 0.12<sup>d</sup></b>	<b>114.36 ± 0.16<sup>c</sup></b>	<b>274.36 ± 0.54<sup>a</sup></b>	<b>150.26 ± 0.10<sup>a</sup></b>	<b>23.82 ± 0.13<sup>a</sup></b>
葡萄酵母		218.36 ± 0.19 <sup>b</sup>	126.54 ± 0.19 <sup>d</sup>	246.89 ± 0.19 <sup>b</sup>	108.32 ± 0.10 <sup>b</sup>	21.81 ± 0.12 <sup>b</sup>
香蕉酵母		210.39 ± 0.12 <sup>c</sup>	146.65 ± 0.37 <sup>b</sup>	236.23 ± 0.17 <sup>c</sup>	106.26 ± 1.85 <sup>c</sup>	19.57 ± 0.09 <sup>c</sup>

x：當天完成吐司成品放涼1小時後測定  
y：Values are mean ± SD, n=3  
z：abcd不同英文字母代表物性之硬度、彈性、咀嚼度、膠強度及纖維性在不同的酵母種類具有顯著差異(p<0.05)

【D-6】吐司成品官能品評之比較

官能品評結果(圖8)，**水果酵母種的吐司較優於商業酵母吐司**，其中以葡萄酵母種吐司分數為最高；其中檸檬酵母種吐司的組織質地佳、柔軟度好，但因檸檬本身的皮膜苦味影響其風味，所以整體接受度差於葡萄種吐司。故葡萄酵母種吐司，最具商品特色。

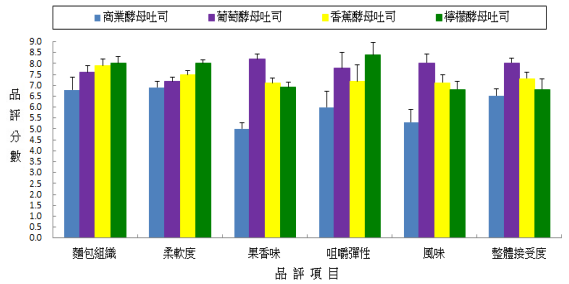


圖8、葡萄、香蕉和檸檬天然酵母種與之吐司官能品評的比較

【D-7-1】吐司基礎營養分析之比較

表9、每100公克商業和水果酵母種吐司營養組成之比較

營養組成	商業酵母 吐司	水果天然酵母吐司		
		葡萄種	香蕉種	檸檬種
熱量(Kcal)	<b>259.9</b>	<b>280.7</b>	<b>282.7</b>	<b>276.7</b>
蛋白質(g)	6.7	6.7	6.7	6.7
脂肪(g)	5.9	5.9	5.9	5.9
飽和脂肪(g)	2.9	2.9	2.9	2.9
反式脂肪(g)	0	0	0	0
碳水化合物(g) <sup>y</sup>	<b>45.0</b>	<b>50.2</b>	<b>50.7</b>	<b>49.2</b>
鈉(mg) <sup>z</sup>	<b>222.5</b>	<b>252.4</b>	<b>252.4</b>	<b>252.4</b>

y：數值有原水果酵母種振盪法培養液第2天內含的糖度推算重和吐司製作的糖重  
z：鈉含量為配方中的食鹽量推算值，及水果本身鈉含量

【D-7-2】吐司成本效益之比較

表10、商業和水果酵母種吐司(520公克/條)成本效益之比較

吐司商品	商業酵母 吐司	水果天然酵母吐司		
		葡萄種	香蕉種	檸檬種
吐司成本(元)	<b>27.02</b>	<b>34.13</b>	<b>29.70</b>	<b>29.84</b>

x：吐司成品520公克，製程損耗率3%(537公克)  
y：水果每斤市售：巨峰葡萄69元、香蕉40元、檸檬50元，新鮮香蕉果肉取率70%  
z：葡萄、香蕉和檸檬培養液增量比率分別為：1.28%、1.53%和1.21%

伍、研究結論

一、常見7種水果以靜置法培養天然酵母種產氣比較

1.在地水果比較中，以葡萄、香蕉和檸檬產氣量較佳，且可維持7天。

二、靜置和振盪法培養水果天然酵母種之比較

- 以靜置法培養水果天然酵母種培養液，需要5天的時間。
- 以26 ± 1 °C，150 rpm振盪培養水果天然酵母種培養液，可縮短至2天的時間。

三、靜置與振盪法水果酵母種之中種麵糰的發酵  
產氣能力和培養天數之比較

- 以振盪法之水果酵母種培養中種麵糰於26 ± 1 °C、相對濕度75%的條件，在每日第4個小時有最佳的發酵高度。
- 以靜置法的水果酵母種培養液培養中種麵糰，需要3天的時間。
- 以振盪法的水果酵母種培養液連續培養中種麵糰第2天為最適製作麵包時機。

四、振盪法培養之水果酵母種吐司和商業酵母吐司  
各品質之比較

- 葡萄酵母種吐司呈現理想的消費接受度，具產品開發潛力。
- 檸檬酵母種吐司果酸味太明顯而使喜好性降低，但麵包品質特性十分優良，值得後續加以改進。