

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

佳作

080206

「果」真如此「酵」果十足

學校名稱：苗栗縣苗栗市建功國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳 漢	謝文娟
小六 詹閔竹	謝玉玲
小六 邱 暄	
小五 謝承勛	
小五 邱亦辰	
小五 彭苡程	

關鍵詞：生質酒精、酒精發酵、廚餘

『果』真如此『酵』果十足

摘 要

一般人多將水果去皮後食用並丟棄，而傳統上含糖量多的水果也是釀酒的主要原料，因此我們嘗試將果皮等食物殘渣或廚餘加以利用，進行酒精發酵。

實驗中我們主要探討廚餘發酵時糖度與 pH 值的變化，以及將發酵液蒸餾製成酒精之可能性。從實驗得知果皮、果肉、白飯及麵包等在發酵過程中糖度及 pH 值有下降的趨勢。各種發酵液經蒸餾後所測得酒精度以麵包最高，達 10%；白飯為 6%；果肉、草莓為 4%。而果皮發酵液蒸餾後的酒精度，則以鳳梨皮、西瓜皮及甘蔗皮酒精度為 3% 較高。若改變發酵溫度及酵母量可提高酒精度，鳳梨在 35°C、3% 酵母量時達 15%；麵包則在 25°C、1% 酵母量時，達 17%。

我們發現雖蒸餾出酒精度僅在 4~10%，若能二次蒸餾使酒精度達到 75%，便可作為藥用酒精，或 20%~40% 可作為食用酒精，未來潛力無窮。

壹、 研究動機

有一天媽媽切水果時把水果皮放置一旁，叫我拿去當垃圾丟棄，那時我突然想到，在網路上曾看見葡萄等水果經酵母進行酒精發酵，就可以製成水果酒的影片。當下，我在想是否也能將果皮製成水果酒呢？如此一來，不但可以將廢棄物變成有用的東西，還可以減少垃圾量，真是一舉二得，於是隔天上課去請教自然老師，老師便指導我們從事這方面的研究。

我們為了探討生質酒精的製作，親自做了一系列的試驗、分析，希望能利用果皮製作「生質酒精」。因為在這個能源短缺的時代，生質酒精可能成為替代能源新希望，並能將廢棄不用的果皮再利用，減少垃圾量達到環保的功能。

貳、 研究目的

- 一、 探討果皮、果肉、主食及混合等不同廚餘進行酒精發酵及蒸餾實驗分析。
- 二、 探討果皮、果肉及混合等不同廚餘以添加不同酵母量進行酒精發酵及蒸餾之實驗分析。
- 三、 探討果皮、果肉及混合等不同廚餘與在不同溫度下進行酒精發酵及蒸餾之實驗分析。
- 四、 以不同原料、溫度、酵母量作為操縱變因比較酒精濃度之差異。

參、文獻探討

一、生質能

生質能乃利用生質物經物理或化學製成轉換所獲得電或熱等可用資源，其材料來源如：含植物纖維之木材與林業廢棄物【木廢材、木屑等】、農作物與作物廢棄物【黃豆莢、玉米稅軸、稻殼、蔗渣等】、畜牧業廢棄物【動物屍體及排泄物等】。根據國際能源總署之統計，生質能已成為全球近次於石油、煤、及天然氣之第四大能源。

有鑑於有關全球溫室氣體重要環保公約「京都議定書」於 2005 年 2 月 16 日開始生效，加上石化燃料之短缺危機導致油價持續飆漲，全世界掀起一股研發替代能源的熱潮，因此開始認真思考生質能源（Biomass energy）的效益，其中生質酒精與生質柴油因兼具有能源與環保特性，普遍被認為是極具開發價值的清潔替代能源。植物不但能行光合作用以減量 CO₂，更是動物最主要之糧食來源，同時這些糧食與植株也可作為能源作物，經醱酵後產生之乙醇混入汽油而成為酒精汽油，即可成為汽油之替代能源。

二、生質酒精

生質酒精（Bioethanol）：生質酒精材料來源之能源作物須具備高糖分或澱粉之特性，如：甘蔗、甜高粱、甜菜、甘藷、玉米及穀類等，將糖質、澱粉、纖維分解為碳源，經發酵產生揮發性、燃點與石油相近之生質酒精，其與汽油引擎有極高之相容性，可添加 10~20%（E10~E20）比例於無鉛汽油中，即可為未經任何改裝之汽車引擎使用，其與石化汽油相較有排放潔淨，馬力輸出較優渥之特色，為極具發展優勢之生質能源，目前全世界已有多國提供添加不同比例生質酒精之燃油。其來源為可重複種植之能源作物，其產量大、易提煉且價格低廉之優點，更不失為替代能源之明日之星。於巴西經營已久之福特（Ford）汽車公司，所開發多部車款亦已可支援 E85（添加生質酒精達 85% 之燃油）燃料系統之使用。目前於日本及美國之部分獨立加油站，均已於汽油中添加 4~5% 之生質酒精，以達降低排放污染之目的。

三、發酵

發酵有時也寫作醱酵，其定義由使用場合的不同而不同。通常所說的發酵，多是指生物體對於有機物的某種分解過程。發酵是人類較早接觸的一種生物化學反應，如今在食品工業、生物和化學工業中均有廣泛應用。其也是生物工程的基本過程，即發酵工程。發酵溫度為 25°C~35°C。

四、糖度計

由李秀及賴滋漢先生所編著《食品分析與檢驗》一書得知糖度計又稱屈射度計(refractometer)為蔗糖簡易定量法，因為糖濃度和屈折率在一定條件下成比例，因此測定屈折率，即求得糖濃度，由於蔗糖為非還原糖之雙糖，酵母可直接利用是葡萄糖(還原糖之單糖)。

五、蒸餾

蒸餾，是利用物質揮發性的差異，將液體經過加熱得到充分的熱能，在它的沸點完全汽化，然後經由冷凝管冷卻，凝結成為液體，而達到分離收集的目的。因此，蒸餾包括汽化（vaporize）、凝結（condense）與收集（collect）三個程序。這項技術是純化與分離物質所常用的方法之一。

六、酒精比重計

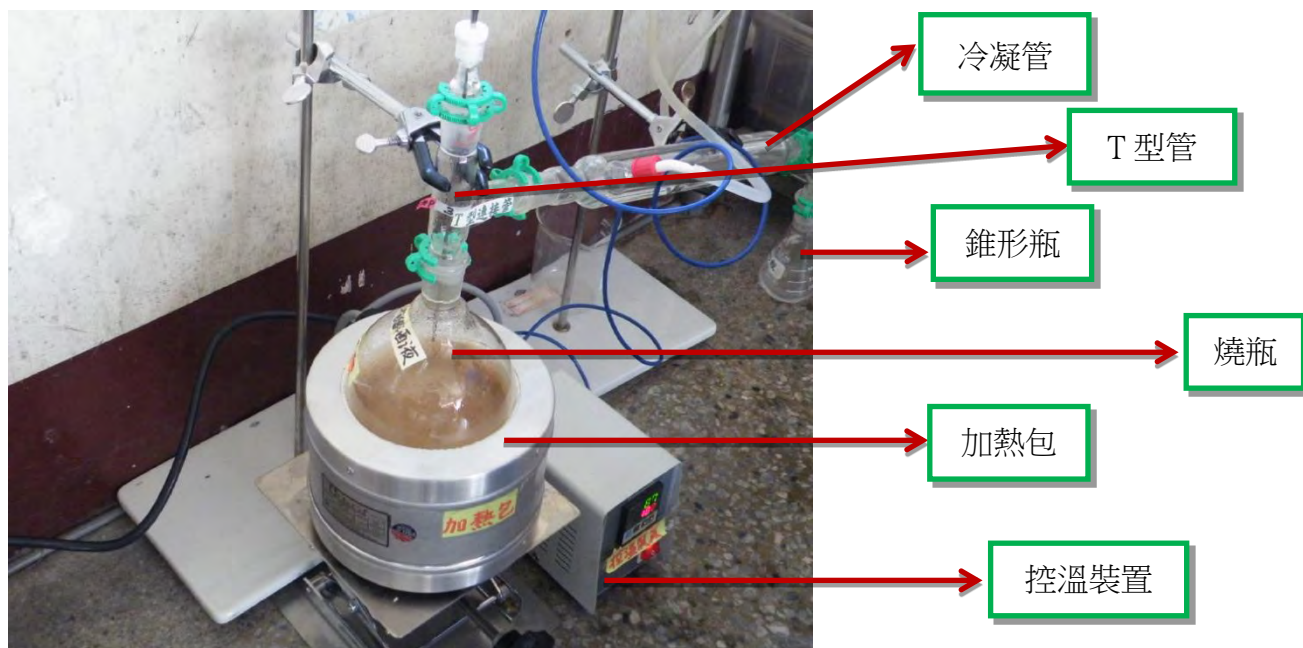
酒精比重計依其用途可分為數類。低度酒酒精比重計從 0~25%範圍間，每 5 度有 1 種分劃，這類精密型之比重計係用來量測釀造酒液經過蒸餾後之酒精濃度，由於產生浮力之中空部位直徑較大，因此需使用口徑較大之量筒來量測，才會得到較準確之結果。

肆、研究設備器材





一、發酵器材：水封發酵瓶、滴管、燒杯、果汁機

	
水封瓶	果汁機
	
pH 計	恆溫棒

二、 蒸餾器材：加熱包、冷凝管、T型管、圓底燒瓶、溫度計



三、 測量設備及記錄工具：糖度計、電子秤、溫度計、pH計、相機、筆記本

	
<p>糖度計</p>	<p>電子秤</p>
	
<p>溫度計</p>	<p>pH計</p>

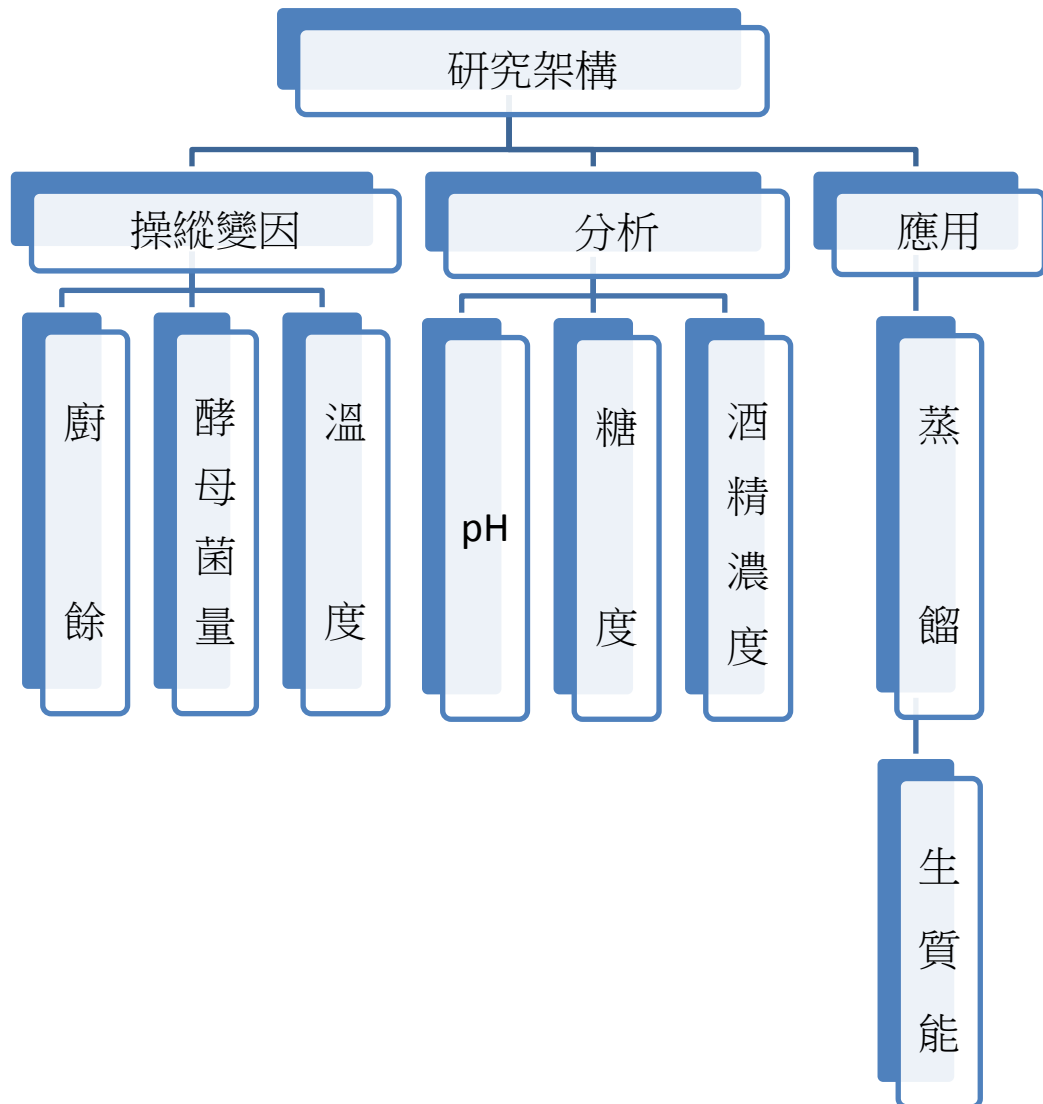
四、 廚餘

- (一) 果皮：鳳梨皮、柳橙皮、蘋果皮、甘蔗皮、西瓜皮。
- (二) 含果肉：釋迦果肉、葡萄果肉、番茄果肉、草莓果肉、梨子果肉。
- (三) 主食類：白飯、麵包。

五、 菌種：啤酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)

伍、 研究過程與方法

一、 研究架構



二、 研究過程與步驟

(一) 實驗一：探討如果皮、果肉、主食及混合等不同廚餘發酵液及蒸餾之分析

1. 實驗步驟：

- (1) 先收集各類廚餘，以水果:水=1:2 比例製成果漿，再加入 1%的酵母菌混合，製成發酵液體，並置入特製水封瓶進行發酵。
- (2) 經蒸餾所得之蒸餾液，移入定量瓶中，加蒸餾水定量至 100ml，放入酒精比重計，測量其酒精度並記錄之。

2. 操作方法：

(1) 選用目前常見之廚餘。如：果皮、果肉等廚餘



(2) 將廢棄水果皮放入果汁機



(3) 打成果漿



(4) 將果漿倒入發酵瓶中



(5) 再將酵母菌倒進果漿混合均勻



(6) 置入恆溫水槽中觀察







(7) 每日取出發酵液體，滴到糖度計上，並測量糖度



(8) 每日先將 pH 計校正，再取出發酵液體，並測量 pH 值



(9) 將液體倒出過濾

	
(10) 將濾液倒入燒瓶	(11) 蒸餾 60 分鐘，收集蒸餾液
	
(12) 測量酒精濃度	(13) 置入廣口瓶中保存

3. 實驗結果

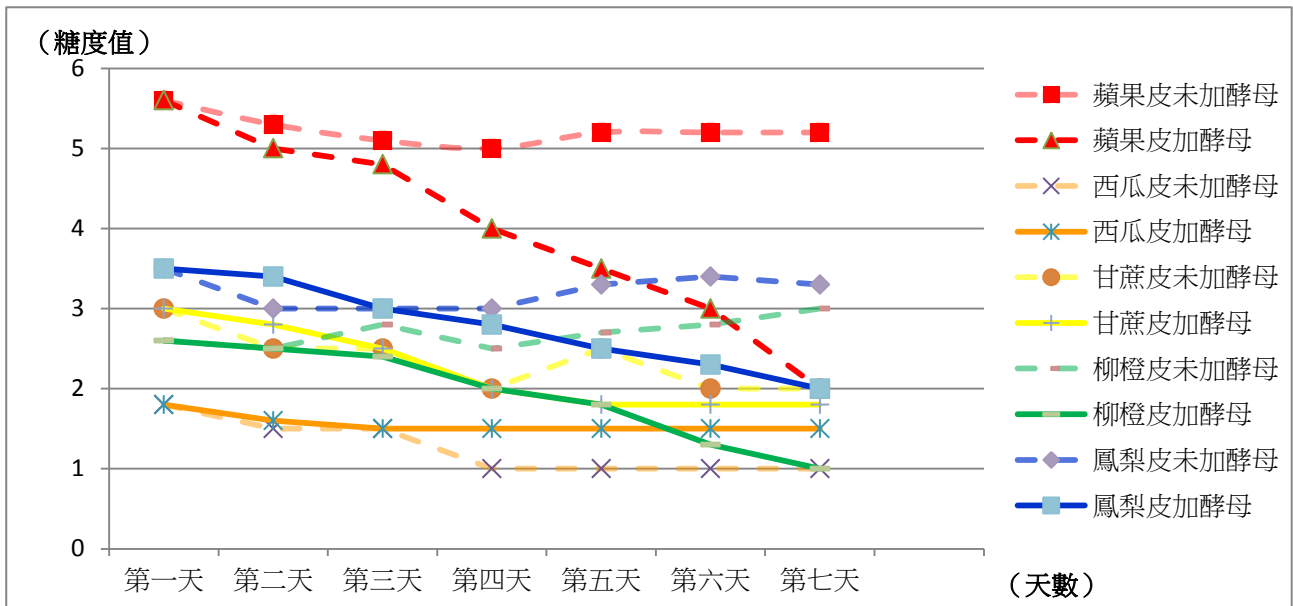
(1) 果皮類廚餘

A. 糖度以五種不同水果皮分析

表一為以五種不同水果皮未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，分別是經七天發酵後，所測量的糖度變化統計結果。由圖一結果可得知，五種水果皮經發酵後糖度均有下降，並趨進 1~2%糖度量。

表一、不同果皮未加酵母及加酵母糖度比較彙整表

發酵時間 糖度 果皮種類	經不同發酵天數後之糖度值														發酵七天的糖度總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)		
蘋果皮	5.6	5.6	5.3	5.0	5.1	4.8	5.0	4.0	5.2	3.5	5.2	3.0	5.2	2.0	-0.4	-3.6
西瓜皮	1.8	1.8	1.5	1.6	1.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.5	-0.8	-0.3
甘蔗皮	3.0	3.0	2.5	2.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	1.8	2.0	1.8	2.0	1.8	-1.0	-1.2
柳橙皮	2.6	2.6	2.5	2.5	2.8	2.4	2.5	2.0	2.7	1.8	2.8	1.3	2.0	1.0	-0.6	-1.6
鳳梨皮	3.5	3.5	3.0	3.4	3.0	3.0	3.0	2.8	3.3	2.5	3.4	2.3	3.3	2.0	-0.5	-1.5



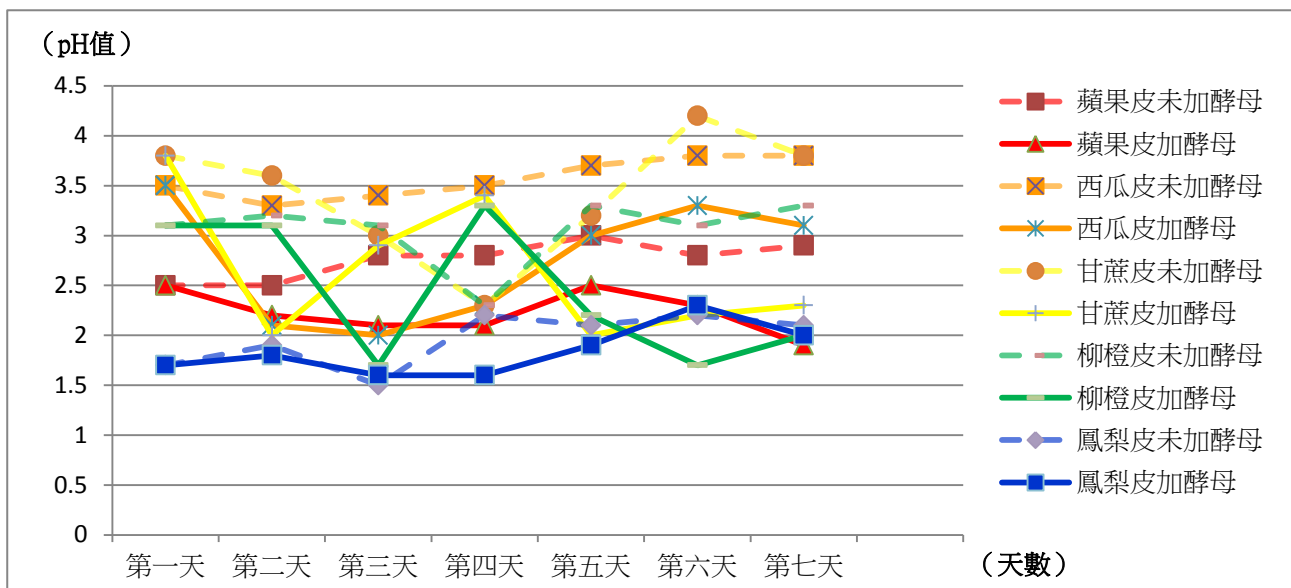
圖一、不同果皮未加酵母及加酵母糖度比較圖

B. pH 值分析

表二為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以五種不同水果皮經不同發酵天數後，所測量的 pH 值(酸鹼值)變化統計對照表。由圖二結果可得知五種水果皮經發酵後 pH 值均有微幅下降，但變化不大。

表二、不同果皮未加酵母及加酵母 pH 值比較彙整表

發酵時間 pH值 果皮種類	經不同發酵天數後之 pH 值														發酵七天的 pH 值總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)				
蘋果皮	2.5	2.5	2.5	2.2	2.8	2.1	2.8	2.1	3.0	2.5	2.8	2.3	2.9	1.9	0.4	-0.6
西瓜皮	3.5	3.5	3.3	2.1	3.4	2.0	3.5	2.3	3.7	3.0	3.8	3.3	3.8	3.1	0.3	-0.4
甘蔗皮	3.8	3.8	3.6	2.0	3.0	2.9	3.4	2.3	3.2	2.0	4.2	2.2	3.8	2.3	0.0	-1.5
柳橙皮	3.1	3.1	3.2	2.1	3.1	1.7	3.3	2.2	3.3	2.2	3.1	1.7	3.3	2.0	0.2	-1.1
鳳梨皮	1.7	1.7	1.9	1.8	1.5	1.6	1.6	1.6	2.1	1.9	2.2	2.3	2.1	2.0	0.4	+0.3



圖二、不同果皮未加酵母及加酵母 pH 值比較圖

C. 酒精濃度分析

由表三可發現，五種水果皮經發酵及蒸餾後所測得酒精度以西瓜皮、鳳梨皮及柳橙皮最高達到 3%。

表三、不同水果皮經發酵及蒸餾後所得之酒精度統計表

種類	酒精度(%)
蘋果皮	0.5%
西瓜皮	3%
甘蔗皮	2%
柳橙皮	3%
鳳梨皮	3%

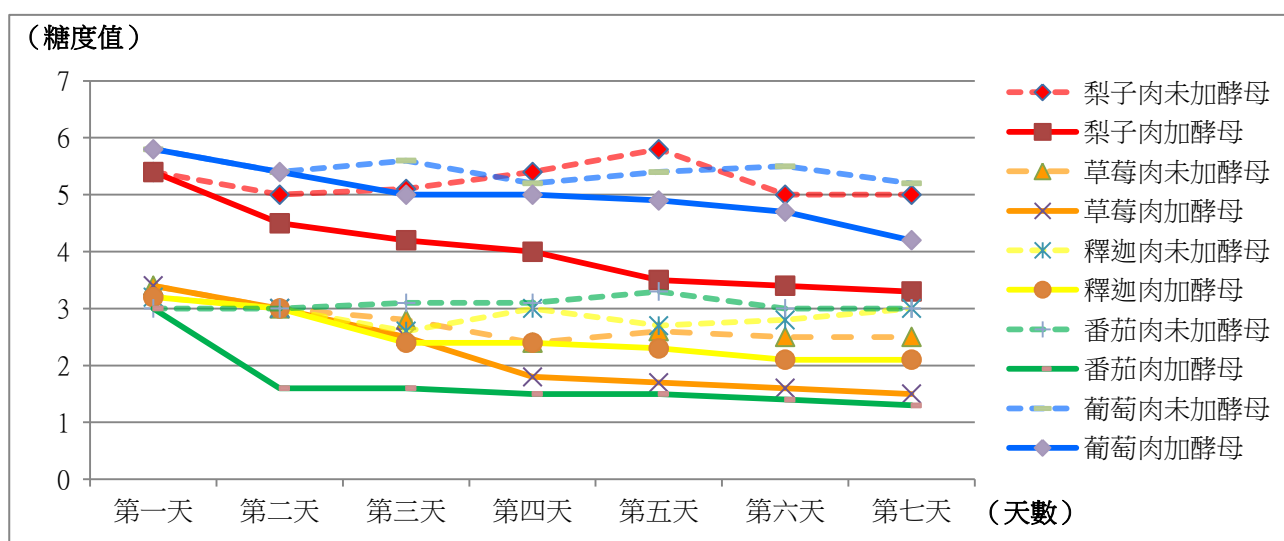
(2) 果肉類廚餘

A. 糖度分析

表四為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以五種不同果肉經不同發酵天數後，所測量的糖度變化統計對照表。由圖三結果可得知五種不同果肉經發酵後其糖度均有下降之趨勢。

表四、不同果肉未加酵母及加酵母糖度比較彙整表

發酵時間 糖度 果肉種類	經不同發酵天數後之糖度值														發酵七天的糖度總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)		
梨子肉	5.4	5.4	5.0	4.5	5.1	4.2	5.4	4.0	5.8	3.5	5.0	3.4	5.0	3.3	-0.4	-2.1
草莓肉	3.4	3.4	3.0	3.0	2.8	2.5	2.4	1.8	2.6	1.7	2.5	1.6	2.5	1.5	-0.9	-1.9
釋迦肉	3.2	3.2	3.0	3	2.6	2.4	3.0	2.4	2.7	2.3	2.8	2.1	3.0	2.1	-0.2	-1.1
番茄肉	3.0	3	3.0	1.6	3.1	1.6	3.1	1.5	3.3	1.5	3.0	1.4	3.0	1.3	0	-0.2
葡萄肉	5.8	5.8	5.4	5.4	5.6	5	5.2	5	5.4	4.9	5.5	4.7	5.2	4.2	-0.6	-1.6



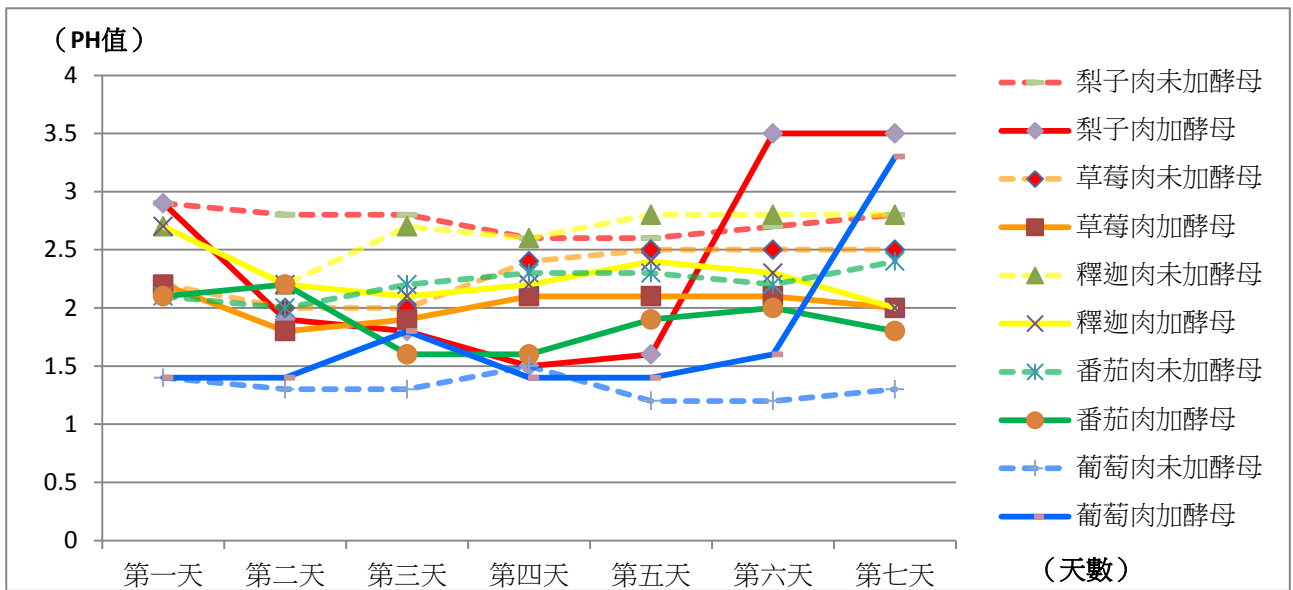
圖三、不同果肉未加酵母及加酵母糖度比較圖

B. pH 值分析

表四為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以五種不同果肉經不同發酵天數後，所測量的 pH 值(酸鹼值)變化統計對照表。由圖四可得知五種果肉經發酵後其 pH 值雖有微幅波動，但變化不大。

表四、不同果肉未加酵母及加酵母 pH 值比較彙整表

發酵時間 pH 值 果肉種類	經不同發酵天數後之 pH 值														發酵七天的 pH 值總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)		
梨子肉	2.9	2.9	2.8	1.9	2.8	1.8	2.6	1.5	2.6	1.6	2.7	3.5	2.8	3.5	-0.1	0.6
草莓肉	2.2	2.2	2	1.8	2	1.9	2.4	2.1	2.5	2.1	2.5	2.1	2.5	2.0	0.3	-0.2
釋迦肉	2.7	2.7	2.5	2.2	2.7	2.1	2.6	2.2	2.8	2.4	2.8	2.3	2.8	2.3	0.1	-0.4
番茄肉	2.1	2.1	2.0	2.2	2.2	1.6	2.3	1.6	2.3	1.9	2.2	2	2.4	1.8	0.3	-0.3
葡萄肉	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.8	1.5	1.4	1.2	1.4	1.2	1.6	1.3	3.3	-0.1	1.9



圖四、不同果肉未加酵母及加酵母 pH 值比較圖

C. 酒精濃度分析

由表五可得知，五種水果肉經發酵蒸餾後所得酒精度以草莓肉濃度最高達到 4%。

表五、不同水果肉經發酵及蒸餾後所得之酒精度統計表

種類	酒精度(%)
梨子肉	0.5%
草莓肉	4%
釋迦肉	1.2%
番茄肉	0%
葡萄肉	0.1%

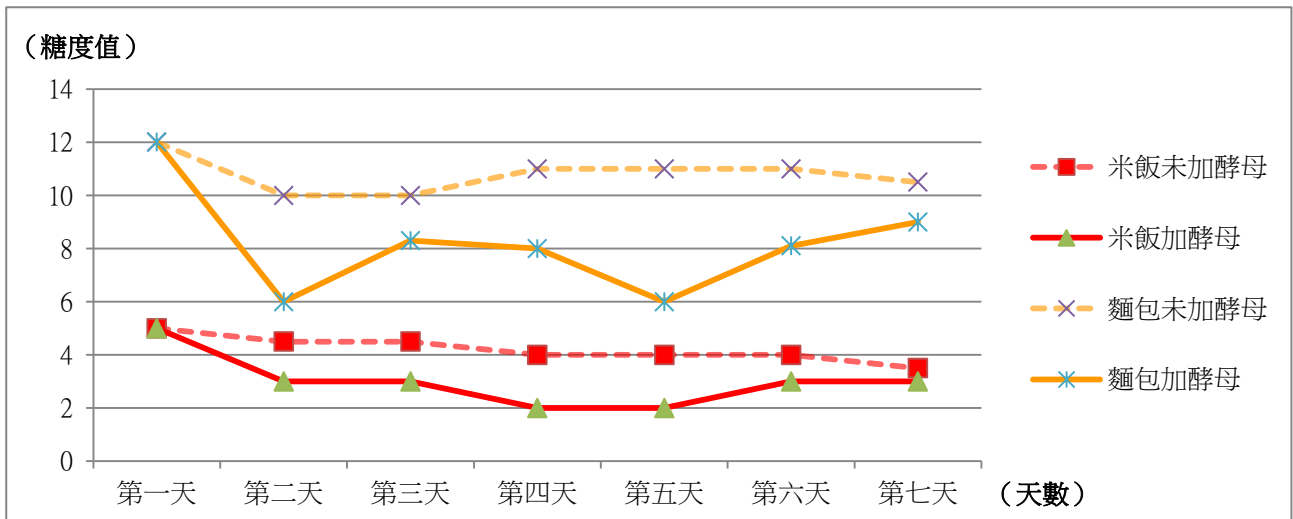
(3) 主食類廚餘

A. 糖度分析

表六為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以白飯或麵包二種不同主食經不同發酵天數後，所測量的糖度變化統計對照表。可得知麵包及白飯在發酵後所測得糖度均有下降趨勢。

表六、不同主食未加酵母及加酵母糖度比較彙整表

發酵時間 糖度 主食 種類	經不同發酵天數後之糖度值														發酵七天的 糖度總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加 酵母	加 酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)				
白飯	5	5	4.5	3	4.5	3	4	2	4	2	4	3	3.5	3	-1.5	-2
麵包	12	12	10	6	10	8.3	11	8	11	6	11	8.1	10.5	9	-1.5	-3



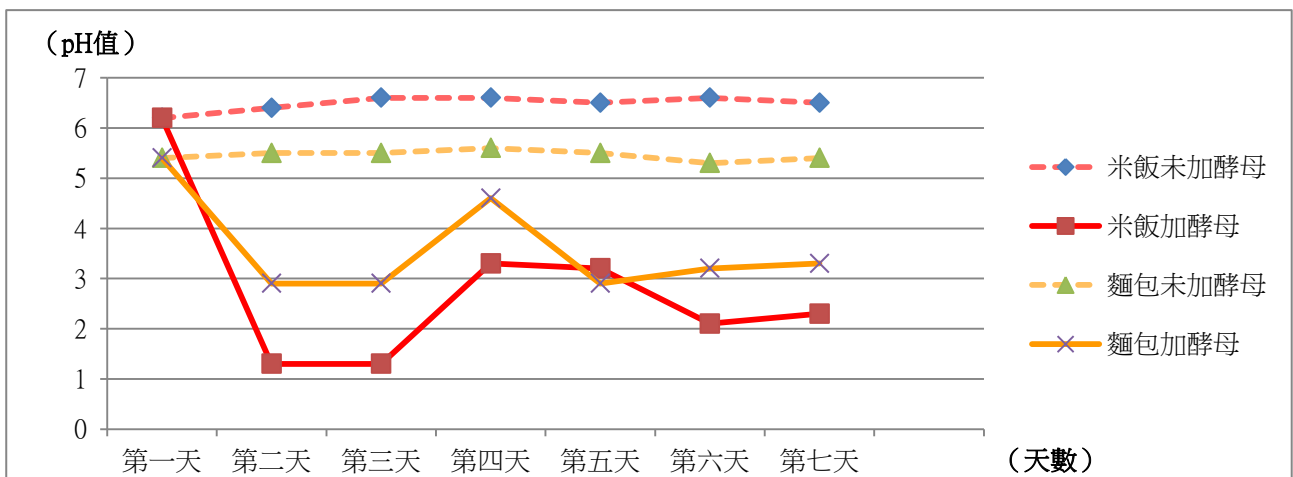
圖五、不同主食未加酵母及加酵母糖度比較圖

B. pH 值分析

表六為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以白飯及麵包二種不同主食經不同發酵天數後，所測量的 pH 值(酸鹼度值)變化統計對照表。由結果可得知麵包及白飯在發酵後所測得 pH 值均有下降趨勢。

表七、不同主食未加酵母及加酵母 pH 值比較彙整表

發酵時間 pH值 主食種類	經不同發酵天數後之 pH 值														發酵七天的 pH 值總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)		
白飯	6.2	6.2	6.4	1.3	6.6	1.3	6.6	3.3	6.5	3.2	6.6	2.1	6.5	2.3	0.3	-3.9
麵包	5.4	5.4	5.5	2.9	5.5	2.9	5.6	4.6	5.5	2.9	5.3	3.2	5.4	3.3	0.0	-2.1



圖六、不同主食未加酵母及加酵母 pH 值比較圖

C. 酒精濃度分析

由表八可以發現白飯及麵包經發酵蒸餾後均能產生酒精，並以麵包最多達 10%，白飯也有 6%酒精度。

表八、白飯及麵包經發酵及蒸餾後所得之酒精度統計表

種類	酒精度(%)
白飯	6%
麵包	10%

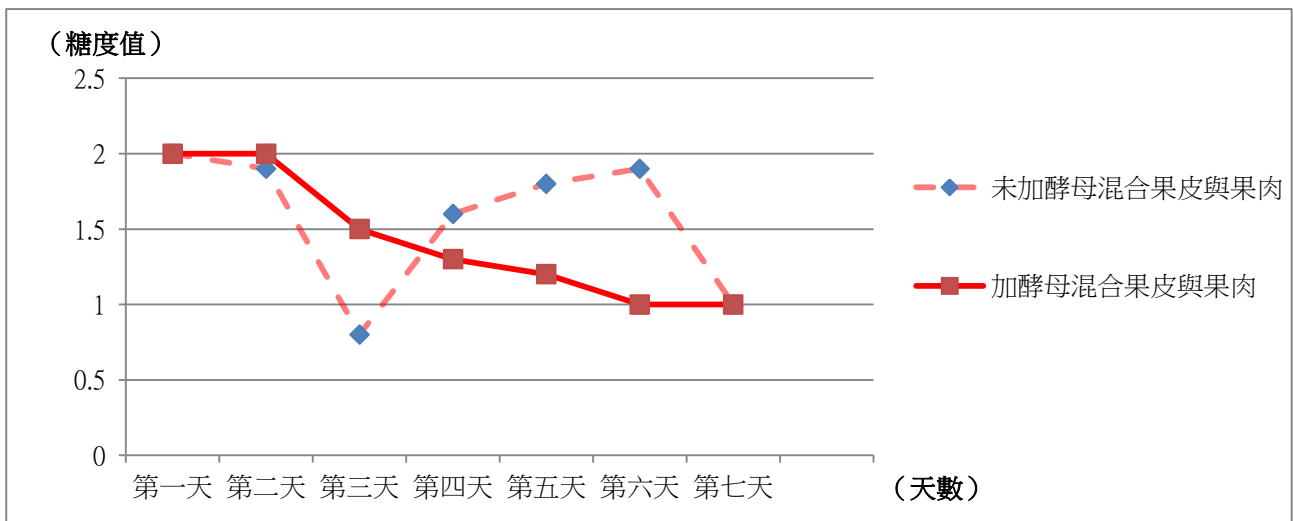
(4) 混合各種廚餘

A. 糖度分析

表九為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以混合果皮與果肉經不同發酵天數後，所測量的糖度變化統計對照表。可以得知在有酵母加入後，經七天發酵後，所得的糖度變化不大。

表九、混合果皮未加酵母及加酵母糖度比較彙整表

發酵時間 糖度 果皮種類	經不同發酵天數後之糖度值														發酵七天的糖度總變化		
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)					
混合果皮與果肉	2.0	2.0	1.9	2.0	0.8	1.5	1.6	1.3	1.8	1.2	1.9	1.0	1.0	1.0	1.0	-1.0	-1.0



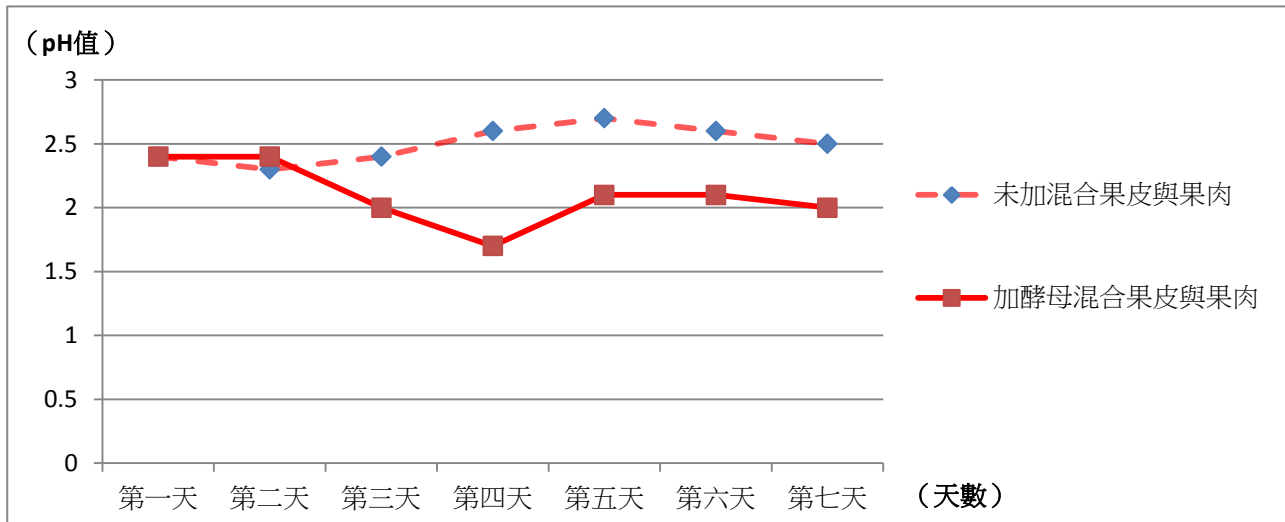
圖七、混合果皮未加酵母及加酵母糖度比較圖

B. pH 值分析

表十為未加入酵母對照組(a)和有加酵母的實驗組(b)，以混合果皮與果肉經不同發酵天數後，所測量的 pH 值(酸鹼度值)變化統計對照表。可以得知在有酵母加入後，經七天發酵後，所得的 pH 值變化不大。

表十、混合果皮與果肉未加酵母及加酵母 pH 值比較彙整表

發酵時間 pH 值 果皮種類	經不同發酵天數後之 pH 值														發酵七天的 pH 值總變化	
	第一天		第二天		第三天		第四天		第五天		第六天		第七天		未加酵母	加酵母
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)				
混合果皮與果肉	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.0	2.6	1.7	2.7	2.1	2.6	2.1	2.5	2.0	0.1	-0.4



圖八、混合果皮與果肉未加酵母及加酵母 pH 值比較圖

C. 酒精濃度分析

由表十一可以得知，混合果皮與果肉經發酵蒸餾後所得酒精濃度達 3%。

表十一、混合果皮與果肉經發酵及蒸餾後所得之酒精度統計表

種類	酒精度(%)
混合果皮與果肉	3%

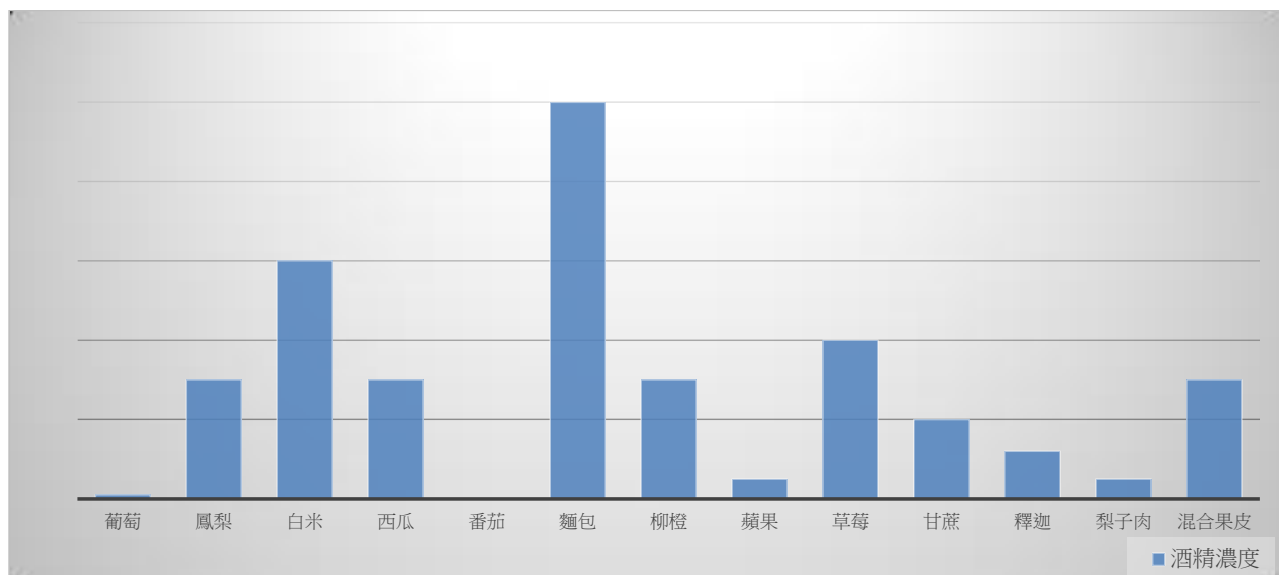
4. 酒精濃度分析

由表十二及圖九可以得知，以主食廚餘實驗組蒸餾所獲得酒精度最高分別為麵包及白米實驗組達 10%及 6%；水果果肉實驗組中，以草莓實驗組酒精度次之為 4%；而水果皮實驗組中，則以鳳梨皮、西瓜皮及柳橙皮實驗組酒精度較佳為 3%。

表十二、不同發酵液經蒸餾後測得酒精度統計總表

廚餘	生質酒精	酒精濃度(%)	排序
	麵包(主食)	10%	1
	白米(主食)	6%	2
	草莓肉	4%	3

廚餘	生質酒精	酒精濃度(%)	排序
	鳳梨皮	3%	4
	西瓜(皮)	3%	4
	柳橙皮	3%	4
	混合果皮及果肉	3%	4
	甘蔗皮	2%	8
	釋迦肉	1.2%	9
	蘋果皮	0.5%	10
	梨子肉	0.5%	10
	葡萄肉	0.1%	12
	番茄肉	0%	13



圖九、以不同發酵液經酒精蒸餾所得產品其酒精濃度統計圖

(二) 實驗二：進一步探討以鳳梨果皮、麵包及及混合廚餘在不同溫度及酵母量下，進行發酵後蒸餾所得酒精濃度實驗設計：

1. 研究步驟：

- (1) 分別秤 300 公克的鳳梨果皮、麵包及混和廚餘，打成液體，並加入 600 毫升的水稀釋，再分別加入 1%、2%、3%的酵母菌混合，製成發酵液體。
- (2) 並置入特製水封瓶進行發酵，並分別放入 25°C 與 35°C 恆溫水槽中，在不同酵母量及溫度下發酵，探討蒸餾出酒精濃度是否有所影響。

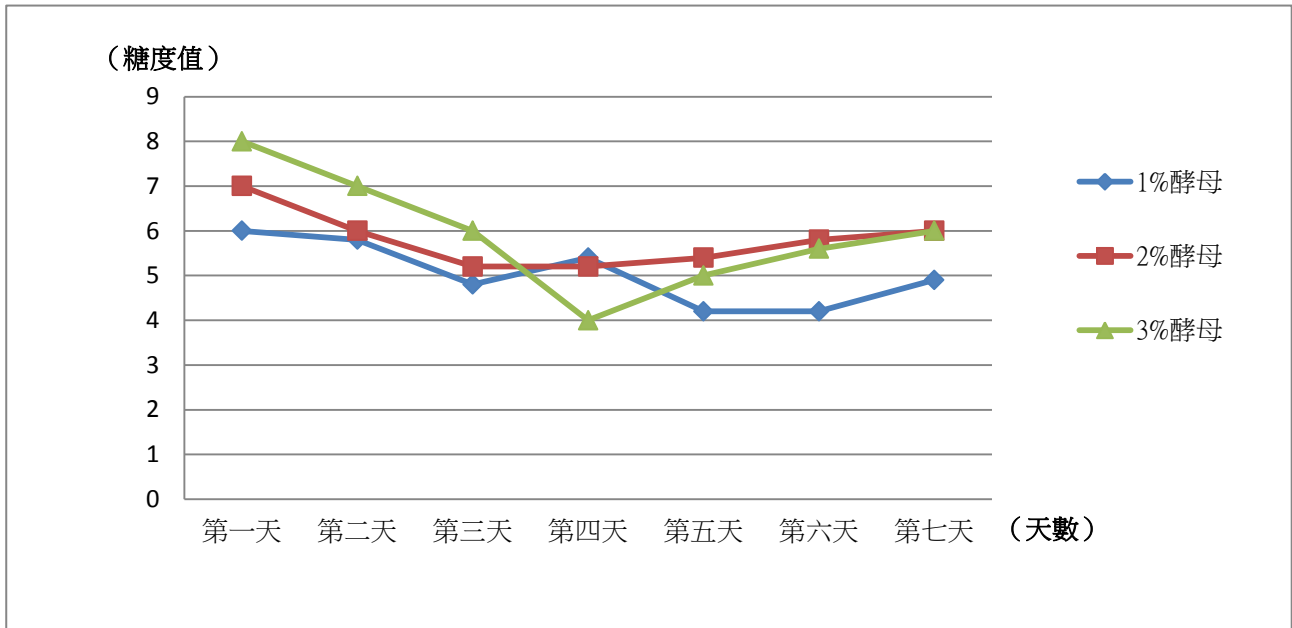
2. 實驗結果：

- (1) 鳳梨皮

A. 以溫度 25°C 進行發酵其糖度與 pH 變化結果

表十三、鳳梨皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較彙整表

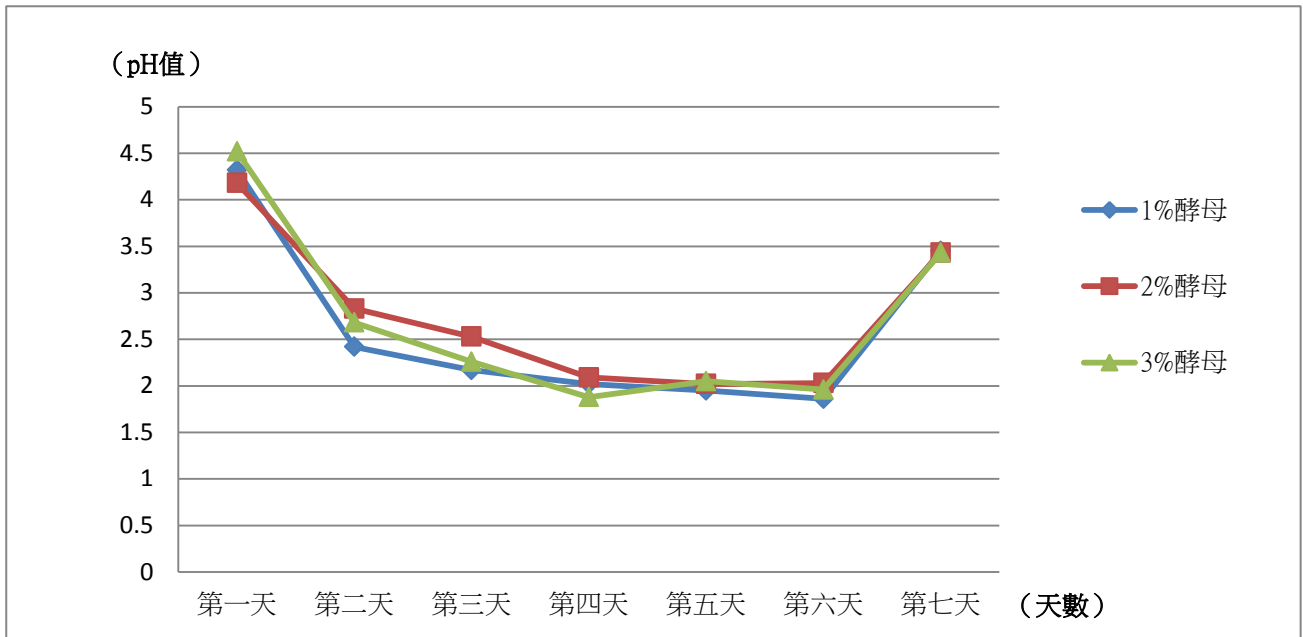
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(鳳梨皮 25°C)							發酵七天的糖度總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	6	5.8	4.8	5.4	4.2	4.2	4.9	-1.1
2%	7	6	5.2	5.2	5.4	5.8	6	-1.0
3%	8	7	6	4	5	5.6	6	-2



圖十、鳳梨皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵所測得糖度比較圖

表十四、鳳梨皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(鳳梨皮 25°C)							發酵七天的 pH 值總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	4.32	2.42	2.17	2.02	1.95	1.86	3.45	-0.87
2%	4.18	2.83	2.53	2.09	2.02	2.03	3.43	-0.75
3%	4.52	2.68	2.26	1.88	2.05	1.96	3.43	-1.09

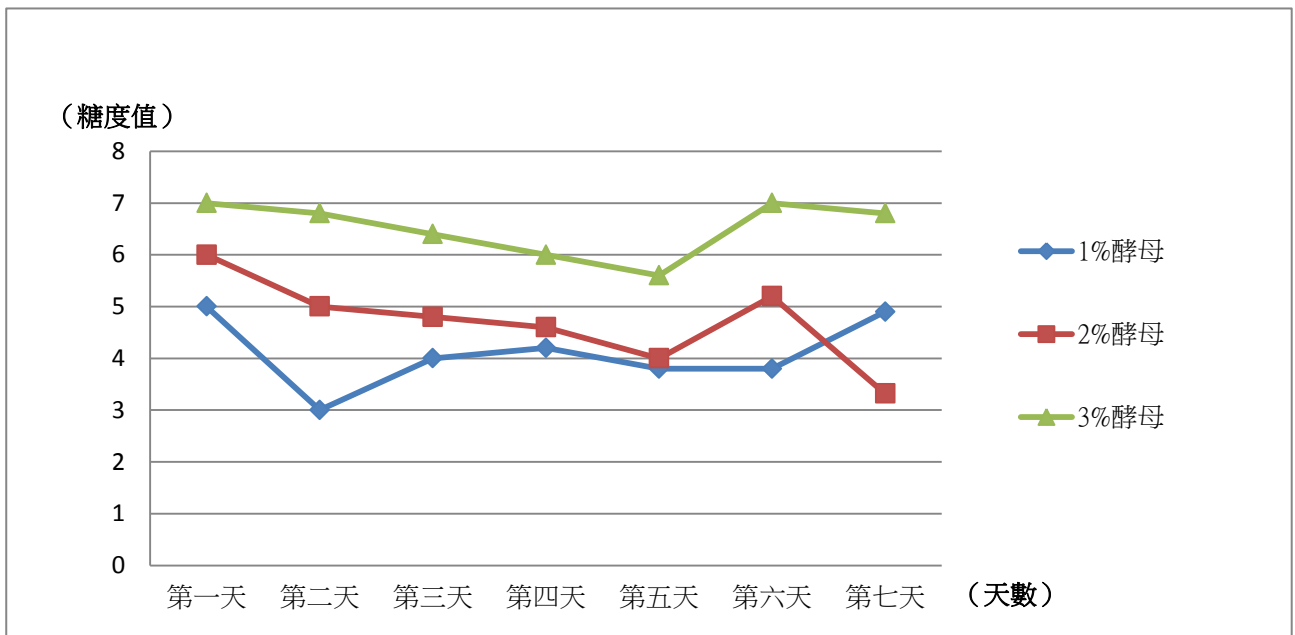


圖十一、鳳梨皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵所測得 pH 值比較圖

B. 以溫度 35°C 進行發酵其糖度與 pH 變化結果

表十五、鳳梨皮在溫度 35°C 以不同酵母量糖度進行發酵期間所測得比較彙整表

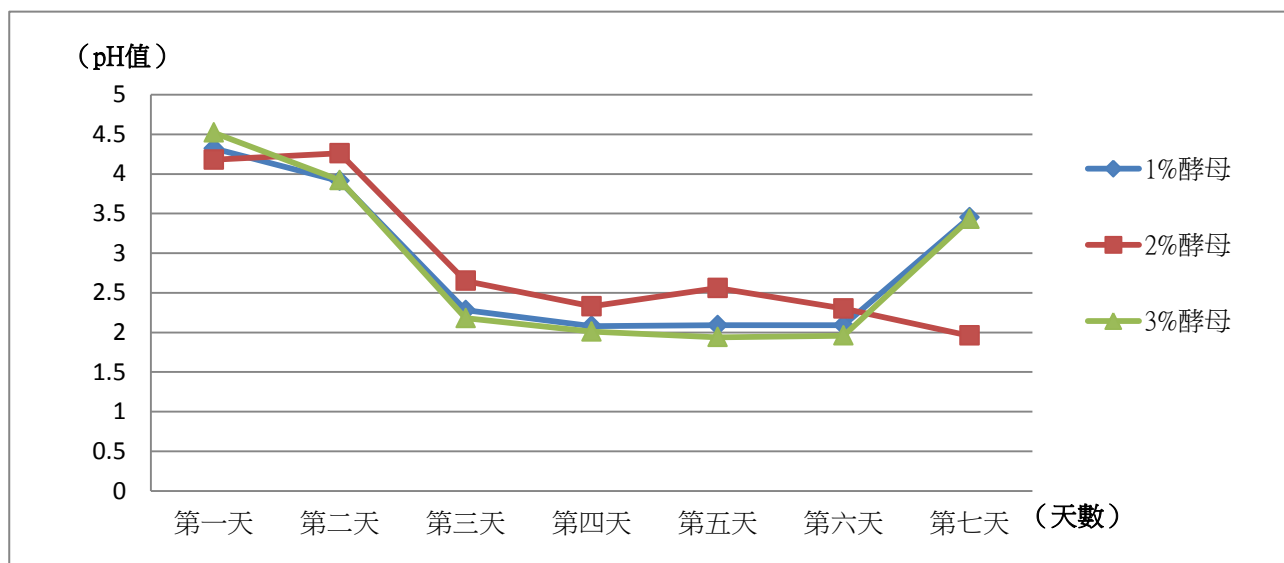
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(鳳梨皮 35°C)							發酵七天的糖度總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	5	3	4	4.2	3.8	3.8	4.9	-0.1
2%	6	5	4.8	4.6	4	5.2	3.3	-2.7
3%	7	6.8	6.4	6	5.6	7	6.8	-0.2



圖十二、鳳梨皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵所測得糖度比較圖

表十六、鳳梨皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(鳳梨皮 35°C)							發酵七天的 pH 值 總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	4.32	3.91	2.28	2.08	2.09	2.09	3.45	-0.87
2%	4.18	4.26	2.65	2.33	2.56	2.3	3.42	-0.76
3%	4.52	3.92	2.18	2.01	1.94	1.96	3.43	-1.09



圖十三、鳳梨皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵所測得 pH 比較圖

C. 鳳梨皮在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析

由表十七可以得知，隨著酵母量增加，水果皮發酵後進行蒸餾所得酒精濃度有增加趨勢，以添加 3% 酵母量實驗組可達最高酒精度 12%，若改變發酵溫度，由結果可以發現，35°C 發酵實驗組比 25°C 發酵實驗組所產生酒精濃度有增加趨勢。

表十七、鳳梨皮在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析表

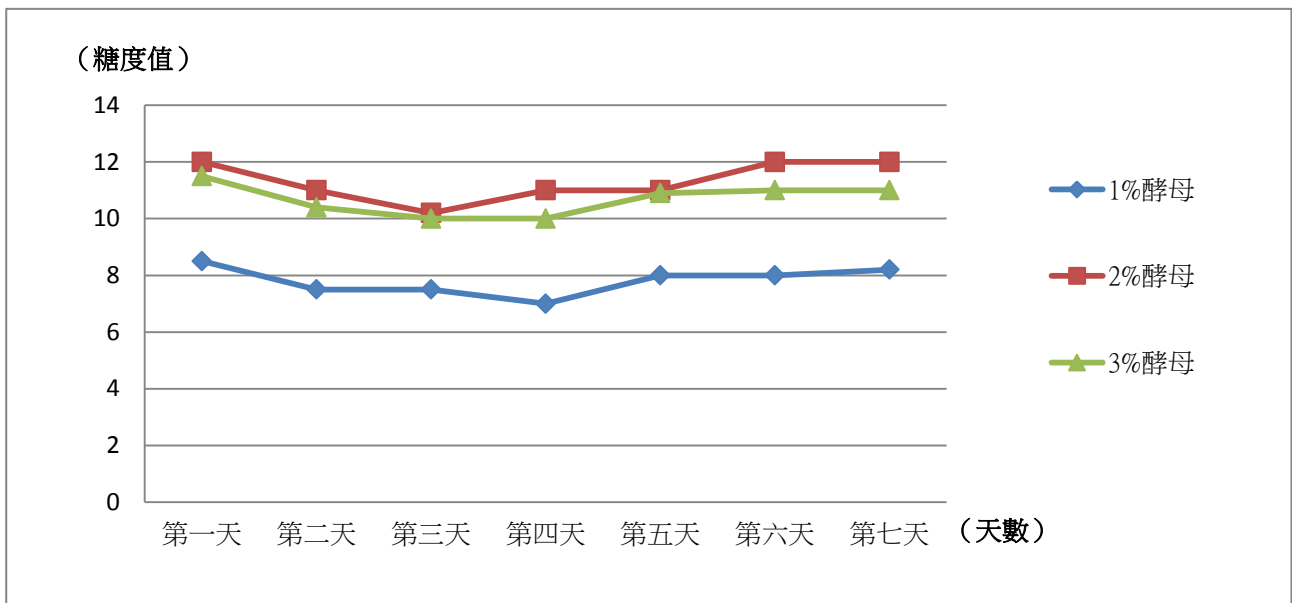
酵母量 酒精度 發酵溫度	1% 酵母量	2% 酵母量	3% 酵母量
25°C	4%	8%	12%
35°C	10%	10%	15%

(2) 麵包

A. 以溫度 25°C 進行發酵其糖度與 pH 變化結果

表十八、麵包在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較彙整表

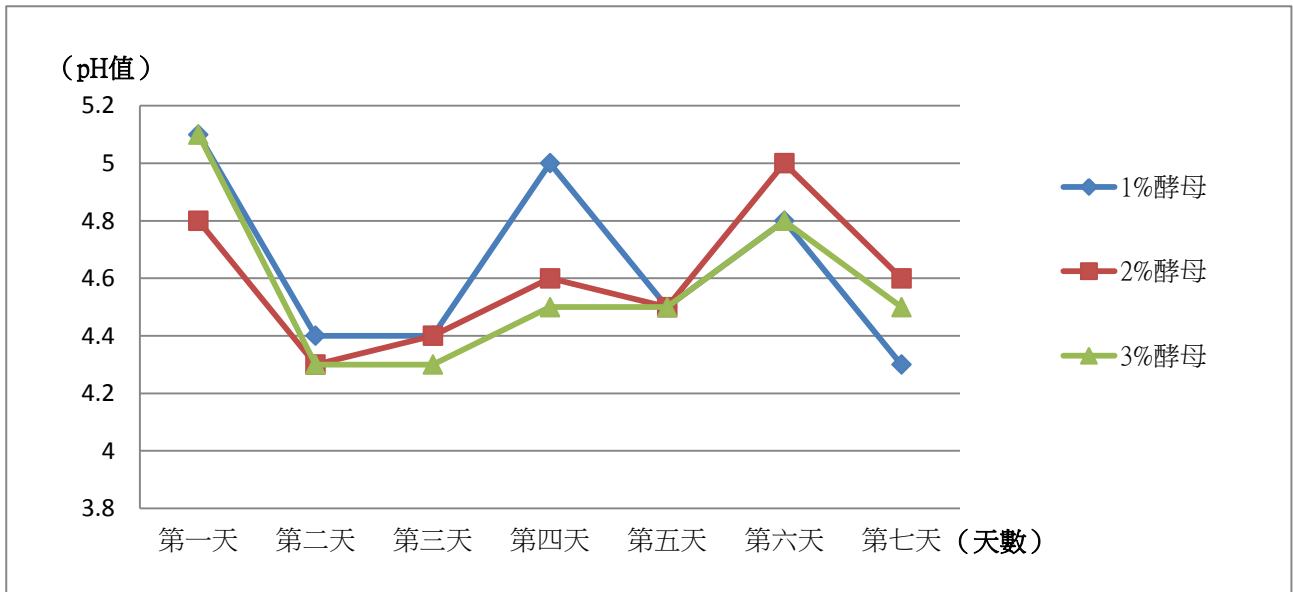
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(麵包 25°C)							發酵七天的糖度 總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	8.5	7.5	7.5	7	8	8	8.2	-5.3
2%	12	11	10.2	11	11	12	12	-8
3%	11.5	10.4	10	10	10.9	11	11	-5.5



圖十四、麵包在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵所測得糖度比較

表十九、麵包在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH 值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(麵包 25°C)							發酵七天的 pH 總 變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	5.1	4.4	4.4	5	4.5	4.8	4.3	-0.8
2%	4.8	4.3	4.4	4.6	4.5	5	4.6	-0.2
3%	5.1	4.3	4.3	4.5	4.5	4.8	4.5	-0.6

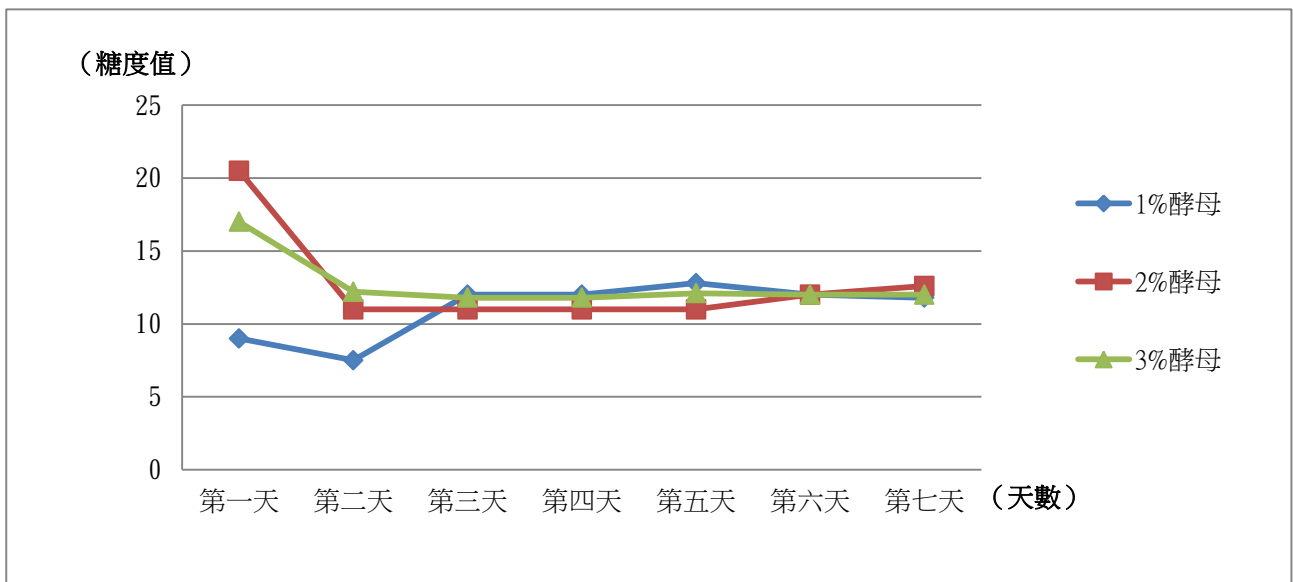


圖十五、麵包在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整結果圖

B. 以溫度 35°C 進行發酵其糖度與 pH 變化結果

表二十、麵包在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較彙整結果

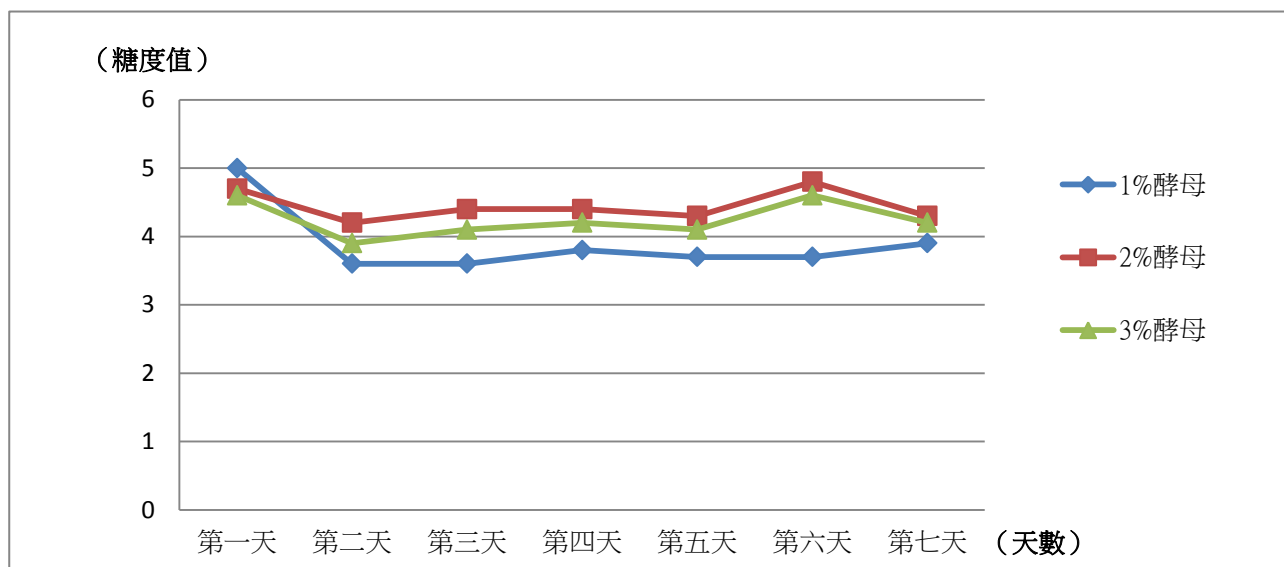
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(麵包 35°C)							發酵七天的糖度總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	9	7.5	12	12	12.8	12	11.8	2.9
2%	20.5	11	11	11	11	12	12.6	-7.9
3%	17	12.2	11.8	11.8	12.1	12	12	-5



圖十六、麵包在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵所測得糖度比較彙整結果圖

表二十一、 麵包在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH 值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(麵包 35°C)							發酵七天 的 pH 總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	5	3.6	3.6	3.8	3.7	3.7	3.9	-1.1
2%	4.7	4.2	4.4	4.4	4.3	4.8	4.3	-0.4
3%	4.6	3.9	4.1	4.2	4.1	4.6	4.2	-0.4



圖十七、 麵包在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵所測得 pH 值比較圖

C. 麵包在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析

由表二十二可得知，添加 1% 酵母在 25°C 溫度發酵後蒸餾所得酒精度最高，達 17%；增加酵母量及溫度反而酒精度沒有顯著提升，此結果與水果皮實驗組有所不同。

表二十二、 麵包在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析表

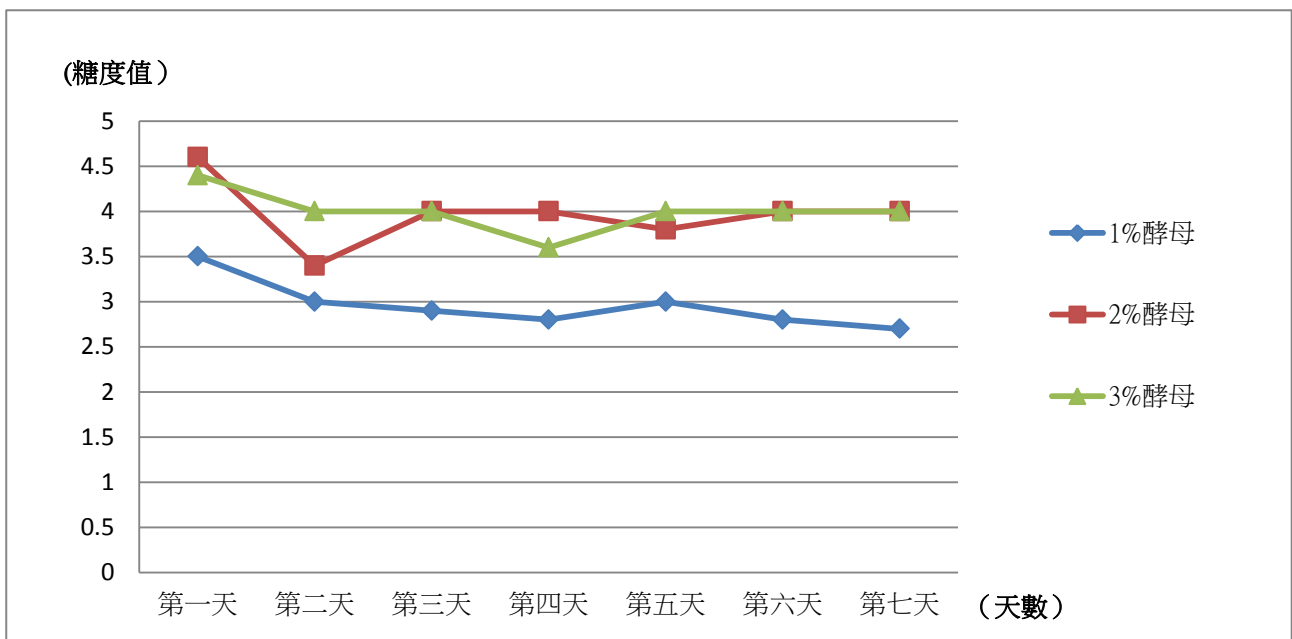
酒精度 發酵溫度	酵母量		
	1% 酵母量	2% 酵母量	3% 酵母量
25°C	17%	9%	9%
35°C	15%	10%	10%

(3) 混合果皮

A. 以在溫度 25°C 進行發酵其糖度與 pH 變化值

表二十三、混合果皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較彙整表

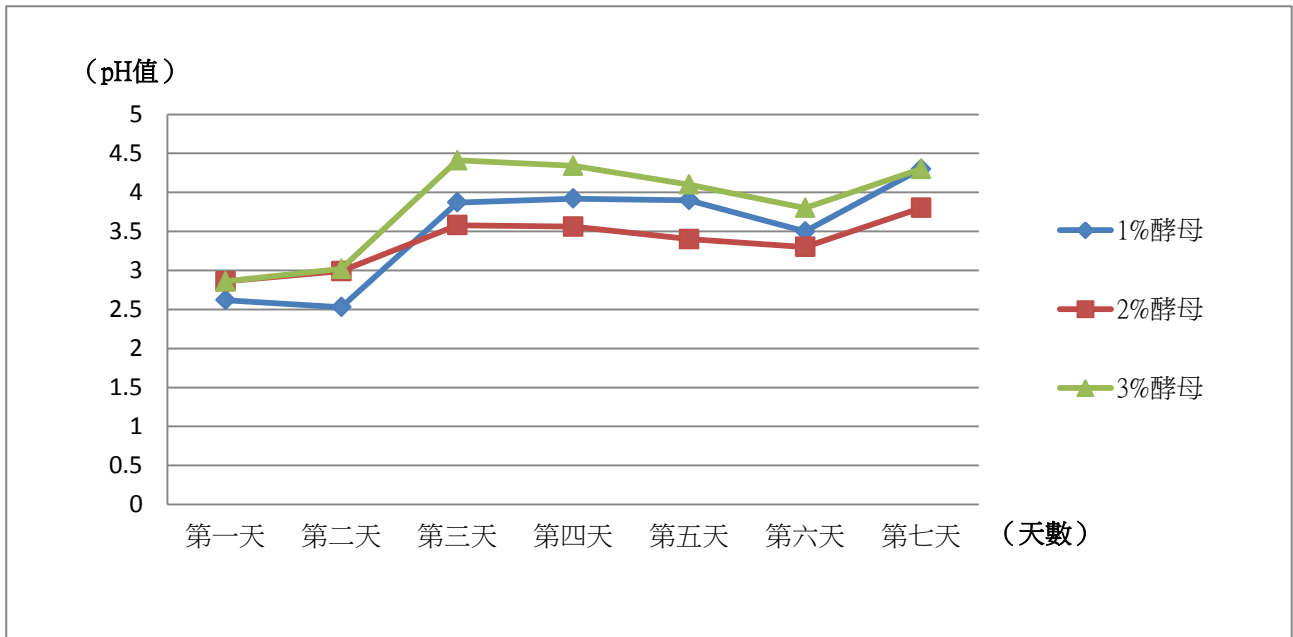
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(混合果皮 25°)							發酵七天的糖度總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	3.5	3	2.9	2.8	3	2.8	2.7	-0.8
2%	4.6	3.4	4	4	3.8	4	4	-0.6
3%	4.4	4	4	3.6	4	4	4	-0.4



圖十八、混合果皮在 25°C 溫度以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較圖

表二十四、混合果皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH 值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(混合果皮 25°C)							發酵七天的 pH 值總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	2.62	2.53	3.87	3.92	3.9	3.5	4.3	1.68
2%	2.86	2.99	3.58	3.56	3.4	3.3	3.8	0.44
3%	2.86	3.02	4.41	4.34	4.1	3.8	4.3	1.44

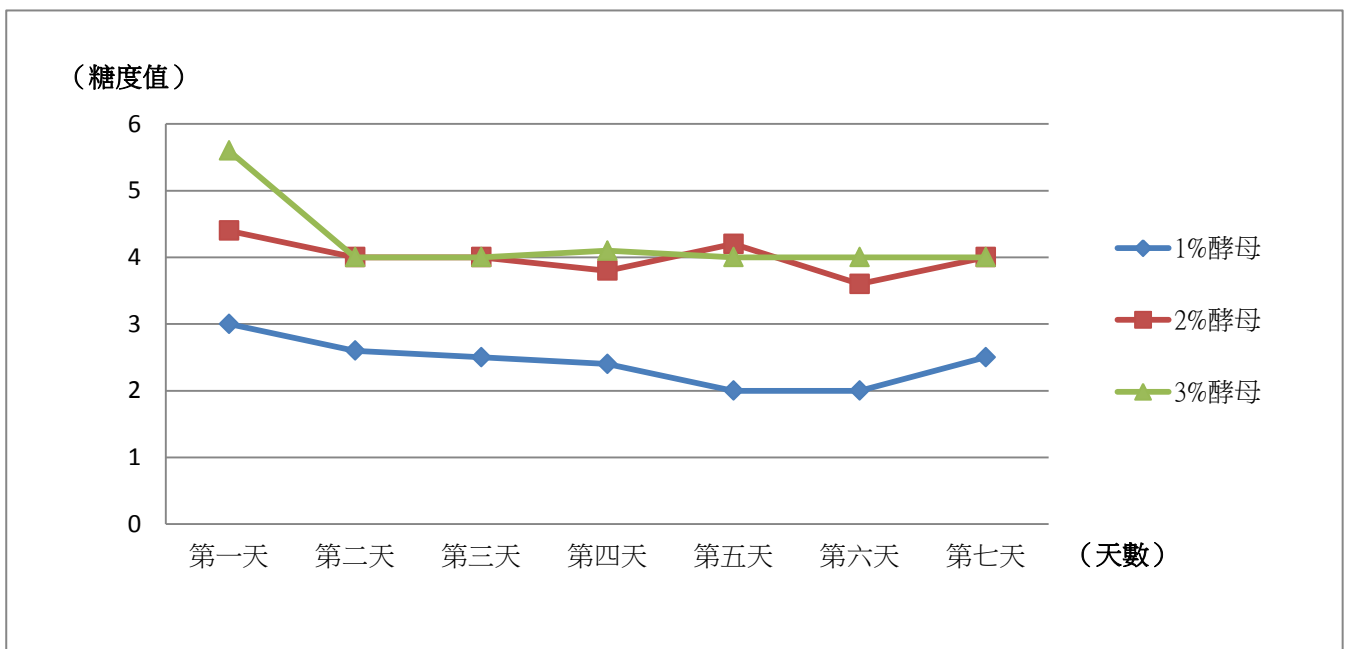


圖十九、混合果皮在溫度 25°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較圖

B. 以溫度 35°C 進行發酵其糖度與 pH 變化結果

表二十五、混合果皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較彙整表

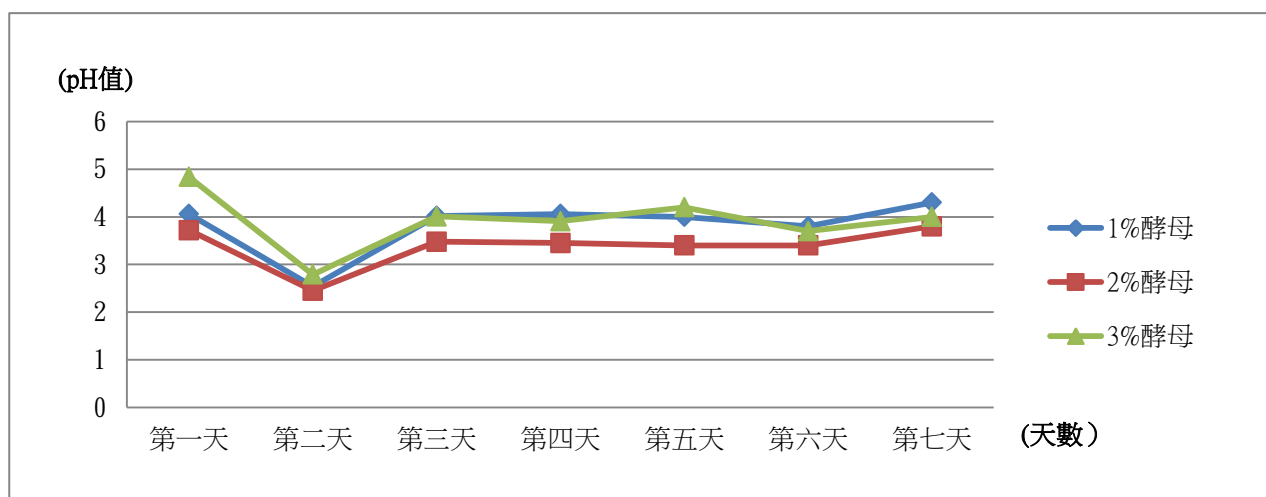
天數 糖度 酵母量	不同酵母量糖度變化值(混合果皮 35°C)							發酵七天的糖度總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	3	2.6	2.5	2.4	2	2	2.5	-0.5
2%	4.4	4	4	3.8	4.2	3.6	4	-0.4
3%	5.6	4	4	4.1	4	4	4	-1.6



圖二十、混合果皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得糖度比較圖

表二十六、混合果皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵期間所測得 pH 值比較彙整表

天數 pH 值 酵母量	不同酵母量 pH 變化值(混合果皮 35°C)							發酵七天的 pH 值 總變化
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	
1%	4.06	2.54	4.02	4.06	4	3.8	4.3	0.24
2%	3.72	2.45	3.48	3.45	3.4	3.4	3.8	0.08
3%	4.84	2.79	4.01	3.91	4.2	3.7	4	-0.84



圖二十一、混合果皮在溫度 35°C 以不同酵母量進行發酵所測得 pH 值比較圖

C. 混合果皮在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析

由表二十七可得知，無論改變酵母量及發酵溫度，其酒精濃度沒有明顯改變，平均酒精度在 5~9%之間。

表二十七、混合果皮在不同溫度及酵母量發酵後蒸餾測得酒精濃度分析表

酒精度 發酵溫度	酵母量		
	1% 酵母量	2% 酵母量	3% 酵母量
25°C	9%	5%	8%
35°C	8%	5%	9%

陸、 研究結果與討論

- 一、從圖一及表一結果，可以得知果皮發酵液隨發酵時間增加，發酵液之糖度與對照組比較均有逐漸下降趨勢，依序為蘋果皮、鳳梨皮、柳橙皮及甘蔗皮，而西瓜皮沒有明顯改變。根據文獻記載，酵母會利用糖分發酵產生酒精(郭等人，2012)，比較表一，可以證實在未添加酵母時之對照組，糖度下降值遠低於實驗組，因此我們推論發酵液糖分有可能被酵母利用而導致減少。
- 二、實驗中得知，不同的廚餘，糖度下降不同。其中以蘋果皮糖度下降最大，西瓜皮下降最少，這表示糖份越高，下降趨勢越多。
- 三、發酵液之 pH 值隨發酵時間增加有下降趨勢，但下降幅度並不大；由於水果類多屬高酸性食物其 pH 小於 4.6，在酒精發酵過程中，糖分被酵母分解產生酒精外，會產生二氧化碳副產物，二氧化碳部份溶於水形成碳酸，亦是使發酵液保持酸性原因之一。
- 四、由圖三及表三可以得知果肉發酵液隨發酵時間增加，發酵液之糖度有逐漸下降趨勢；其中，以梨子肉實驗組最明顯，與對照組比較減少了 1.7° Brix；其次，依序為草莓肉、葡萄肉、釋迦肉及番茄肉。由結果可知，不同水果肉均能被酵母所利用，將糖分分解。
- 五、由圖四及表四可以得知，果肉發酵液之 pH 值隨發酵時間增加有下降趨勢，但下降幅度不大，與果皮發酵液結果大致相同。
- 六、由表五及圖五可以得知，白飯及麵包發酵液隨發酵時間遞增，糖度均有下降趨勢；其中，以麵包主食實驗組下降較多(1.5° Brix)與對照組比較，米飯實驗組亦下降 0.5° Brix。由此可知，二種主食實驗組均有被酵母所分解趨勢。
- 七、由表六及圖六可以發現，隨發酵時間增加，白飯及麵包主食實驗組其 pH 值有下降趨勢，與果皮發酵液結果相同。
- 八、在蒸餾實驗結果得知，白飯及麵包主食實驗組因本身含糖量即較高；因此，蒸餾所獲得酒精度亦最高，分別可達 6%及 10%；在果肉實驗組中，草莓實驗組所獲得酒精度亦相對較高達 4%。在果皮實驗組中，則以鳳梨皮、柳橙皮及西瓜皮實驗組蒸餾出酒精濃度最高達 3%。
- 九、綜觀各類廚餘發酵液所產生酒精濃度，以麵包及白飯主食實驗組最高；草莓果肉、柳橙皮、西瓜皮、鳳梨皮及混合果皮及果肉實驗組均達到 3%以上。比較其糖度減少量與酒精度之關係，兩者並沒有直接關連；蘋果皮實驗組之糖度降低最多(3.2%)，但其酒精度僅 0.5%，白飯實驗組之糖度僅降低 0.5%，但其酒精度可達 6%。因此，我們尋找文獻資料，推論可能原因為酵母是無氧氣狀態下發酵葡萄糖為主之醱類(郭等人，2012)，從相關文獻得知我們在發酵過程以糖度計進行測量糖度，主要為蔗糖濃度而非葡萄糖之濃度而有所差異。
- 十、在改變酵母量及發酵溫度兩項操縱變因之實驗中，鳳梨皮實驗組改變上述二種變因其酒精濃度呈正比關係，但主食實驗組則反之。我們尋找相關文獻發現生物都

有特有生長曲綫，當生物接種到新環境時，菌體生長會出現遲滯現象，之後會適應環境加速生長到一定程度，菌數不再增加，繁殖速率減緩，甚至死亡；當接種菌數愈多，生長曲綫遲滯期會縮短，對數生長期會加速(黃忠村，2011)。因此，鳳梨皮實驗組正可印證此現象，接菌量愈多，反應愈快，生成酒精度愈高。另外，我們也查閱相關文獻得知：每一種微生物均有特有生長條件，酵母最合適發酵 pH 值約在 4.5~5.0 左右(黃忠村，2011)。在麵包主食實驗組 25°C 發酵溫度下其 pH 值約在 4.3~5.1 之間；比較鳳梨皮實驗組在相同發酵溫度下 pH 為 3.4 ~4.52 明顯較高，且接近文獻記載酵母最適發酵 pH 值範圍，因此才添加 1% 酵母量進行發酵後蒸餾所得酒精度已達到最高。但添加 2%~3% 酵母量時，過多酵母反而會因為在合適 pH 值下，發酵液中營養成分有限，被過度分解代謝，真正產生酒精量反而減少許多。

柒、結論

- 一、不同果皮發酵液、果肉發酵液及白飯、麵包等主食發酵液隨發酵時間增加，發酵液之糖度均有逐漸下降趨勢，推論發酵液糖分可能被酵母分解而降低。
- 二、發酵液之 pH 值隨發酵時間增加有下降趨勢，但下降幅度並不大；由於水果類多屬高酸性食物其 pH<4.6，另外在酒精發酵過程中，糖分被酵母分解產生酒精外，會產生二氧化碳副產物，二氧化碳部份溶於水形成碳酸，亦是使發酵液保持酸性原因。
- 三、不同廚餘實驗組經酒精蒸餾後測量酒精度發現以主食實驗組酒精濃度最高麵包可達 10%，米飯組亦達 6%，果皮實驗組則以柳橙皮、鳳梨皮及西瓜皮酒精度較高達 3%，果肉實驗組則以草莓果肉實驗組最高達 4%。
- 四、鳳梨果皮實驗組，可隨發酵溫度及添加酵母量而提升酒精濃度；麵包主食組結果則反之。
- 五、本實驗乃利用利用廢棄廚餘為出發點，原料成本幾乎為零，如果利用二次蒸餾，將可大幅提升酒精度，使其具有商品價值；若達到 75%酒精度，將可推廣到醫療用作為藥用酒精來使用，或二次蒸餾到 20%~40%酒精度，將可作為食用酒精，未來發展潛力無窮。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

- (一)王惠鈞(2007)。台灣生質酒精研究之現況與展望。台灣經濟研究月刊。第 0362 期。
- (二)李秀、賴滋漢(1978)。食品分析與實驗。台中市：富林出版社。
- (三)郭文玉、劉發勇、邱宗甫(2012)。食品加工 II。台南市：復文圖書有限公司。
- (四)郭家宏(2009)。纖維素之溶解對其酵素醱化及發酵應用之研究。國立臺灣科技大學碩士論文。
- (五)黃忠村(2011)。食品微生物。台南市：復文圖書有限公司。
- (六)廖春梅(2010)。生質酒精之經濟效益分析。台灣銀行季刊，第六十一卷第二期。
- (七)國立西螺農工職業學校。「以水果果皮進行發酵液製造與應用之研究」。101 年全國高職學生實務專題製作競賽暨成果展報告書。

二、致謝

感謝 █████ 農工食品科謝主任多次給予協助與支援實驗器具，每當我們遇到困難時，提供即時的支援，這些學有專精、熱心助人是我們學習的榜樣。

【評語】 080206

本研究利用水果皮及廚餘發酵製作酒精的研究，構想完整且具有環保及節能減碳概念。持續本研究可發展生質燃料。

對於產物的純化處理，蒸餾的操作可做改善，以達到精確量測酒精含量。