

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 農業及生物科技科

第三名

091402

米啤酒—以米為原料釀造啤酒製程之探討

學校名稱：臺北市立松山高級工農職業學校

作者： 職二 王葶潔 職二 馬榮蔚 職二 陳欣吟	指導老師： 盧恩得
---	------------------

關鍵詞：啤酒、米麴、糖化

摘要

東方利用米為原料，添加酒麴進行糖化產生酒精；西方則利用大麥為原料，其麥芽本身含有酵素可直接產生糖化作用。本實驗想試著突破傳統，以米為原料製造出結合東西方釀造酒製程的產品。

本研究探討以不同的米種為原料，進行啤酒製程發酵。利用米麴糖化取代大麥麥芽酵素，並添加酵母及啤酒花，使產品同時具有米香、啤酒風味、氣泡及苦味。實驗結果顯示，吸水率以圓糯米最高；米麴的生長情形及糖化率以 30°C 最佳；後發酵溫度以 15°C 低溫產生的酒精度最高，該溫度中又以圓糯米、長糯米、蓬萊米的酒精度為高，但 5°C 下的風味與口感較佳。以 pH 值、總酸度、糖酸比及官能品評作為風味與口感參考。成本考量下建議以圓糯米、蓬萊米及長糯米為製酒原料。

壹、研究動機

食品加工課本第五章內容為「釀造食品」，同屬釀造酒的啤酒與清酒，其原料、製程、風味、酒精度皆不同。市面上有許多利用不同原料製成的酒，例如：葡萄酒、高粱酒、小米酒，以及製作麻油雞的靈魂材料—米酒。從古至今，各國製造啤酒的原料皆為大麥，這便引起我們的好奇心，試想啤酒的原料若以米來取代大麥是否可行？米與大麥的成分不同所產生的風味有何不同？於是想藉由探討六種不同米種—長糯米、圓糯米、紫糯米、蓬萊米、在來米以及糙米等分別以啤酒製程釀造，探討最適之加工條件及產品風味是否能讓大眾接受且喜愛。

貳、研究目的

- 一、探討哪一種米為最適釀酒之原料。
- 二、探討不同米種之吸水率。
- 三、利用不同溫度，研究米麴生長情況
- 四、比較不同米種長麴（糖化）後之糖度。
- 五、測定不同米種後發酵的酒精度。
- 六、以成品之「pH 值」、「總酸度」及「糖酸比」比較不同米種釀酒後之風味、口感。

參、研究設備及器材

		
<p>發酵箱</p>	<p>離心機</p>	<p>鉢杵</p>
<p>手持式糖度曲折度計</p>	<p>酒精蒸餾器</p>	<p>有孔洞的烤盤（製麴用）</p>
		
<p>水封瓶</p>	<p>酒精溫度計</p>	<p>電子天平</p>
		
<p>苦味、香味啤酒花</p>	<p>pH 計</p>	<p>（可控溫）油炸機</p>

		
滴定管	酒精度計	塑膠培養皿

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 食品加工 I⁽¹⁾

糯米含有 97%~100% 的支鏈澱粉(amylopectine)，其直鏈澱粉(amylose)含量一般少於 3%，故煮熟吸水率高。在來米煮熟後黏性小，約 72% 支鏈澱粉，28% 的直鏈澱粉含量較糯米多。蓬萊米含有 17% 直鏈澱粉，83% 的支鏈澱粉，故煮熟後黏性較在來米大，較糯米小。

(二) 中國米食 The Chinese Rice Book⁽²⁾

一碗平凡的白米飯，卻可有無限的變化，逢年過節、平日大宴小酌等，各種各樣的米食，使中國人帶著米香，悠遊於天地之間。

去除米糠和胚芽的精米，主要成分是澱粉，如果長期接觸空氣，會產生酸化作用，因為米粒吸收水分的速度並不慢，最初入水的五分鐘，吸水量達百分之十；浸水一小時，吸水量達百分之八十；浸水三小時，就可以完全吸飽水份了。吸水率會影響後續的加工條件與步驟，以此可作為不同產品原料選擇的參考。

(三) 米食加工⁽³⁾

粳米：外觀短圓、透明(部分品種米粒有局部白粉)，米飯特性介於糯米、秈米之間，做一般食米用。粳糯：外觀圓短、白色不透明，煮熟後較軟、黏，可釀酒。秈糯：外觀細長、白色不透明，煮熟後較米飯軟、黏，可釀酒。秈米：外觀細長、透明度高，煮熟後米飯較乾、鬆。

「麴」(koji)在發酵食品中是指以米、麥、大豆或其他穀類為原料，經浸漬及蒸煮等前處理再接種麴菌(koji-mold)培養所得之產物，通常作為發酵食品之酵素源。

米酒屬於酒精含較高之蒸餾酒系列，除供直接飲用外，米酒常供婦女產後坐月子用之雞酒，以及泡製中藥材用之原料酒。米飯入缸後約 18 小時，黴菌開始繁殖，米粒逐漸鬆軟成糊狀，並有甜汁液滲出，是為酒釀。

(四) 九十九年度生物技術人才培訓計畫講義 B065 啤酒釀造技術 workshop⁽⁴⁾

Saccharomyces cerevisiae，又稱為頂層酵母，是由於發酵過程中在啤酒表面形成一層酵母泡沫頭。優良的水質能釀出獨特的好酒，由於工業污染要找到純淨無污染的水越來越難，因此包括許多老酒廠都改用城市自來水，並加以處理。

酵母的主發酵約為 5~12 天，而通常是 6~7 天。啤酒經主發酵後稱為青啤酒，再經後發酵稱為生啤酒，最後經殺菌稱為熟啤酒。後發酵（二次發酵）使青啤酒在一密閉的發酵槽內對尚殘留在啤酒中的少量可發酵糖進行慢速的發酵作用。後發酵期間啤酒慢慢降溫 1~3°C，使酵母沉降，並降低其污染菌種活性。儲酒是結合酵母代謝力降低、啤酒酸度增加、低溫等效應使啤酒變的更圓潤芳醇，這些效應使澀口的單寧與會形成渾濁的蛋白質聚集沉澱，也沉澱一些含硫化物。混合一些旺盛發酵的啤酒或可發酵糖(如葡萄糖)可使啤酒產生二氧化碳，而使啤酒碳酸化，這稱為 primings，當使用葡萄糖作為 priming sugar 時要先將其溶於水中。二氧化碳在低溫中溶解度較好，故啤酒後發在低溫 6-7°C 下進行。裝瓶後的啤酒應置於低溫中熟成 10~14 天，或甚至 30 天才能飲用。

(五) 啤酒花⁽⁵⁾

啤酒花在啤酒生產中是不可缺少的原料，啤酒花含有 4%的苦味素，13%的單寧，其作用是能使啤酒產生清爽而特殊的苦味，這種苦味不但可以防止啤酒中的腐敗菌繁殖，還可以殺死發酵過程中所產生的乳酸菌，又能與啤酒原料中的蛋白質結合後產生沉澱，過濾後使啤酒透明清澈。啤酒泡沫是酒花中的異律草酮和來自麥芽的起泡蛋白的複合體。有利於麥汁的澄清。麥汁煮沸過程中，由於酒花添加，可將麥汁中的蛋白結合析出，從而發揮澄清麥汁的作用，釀造出清純的啤酒來。

(六) 科學人雜誌 NO.109，2011 年 3 月號⁽⁶⁾

啤酒可以用來調製很棒的麵糊，是因為它含有三種成分：二氧化碳、發泡劑和酒精。這三種成分各自擁有不同的物理和化學特性，使麵衣爽口酥脆。啤酒飽含二氧化碳，二氧化碳跟鹽或糖等固體的不同之處在於，固體在熱的液體中比在冷的液體中容易溶解，但氣體則是在低溫下比較容易溶解。用啤酒調製的麵糊接觸到熱油時，二氧化碳的溶解度大幅降低，會立即形成氣泡，使麵糊膨脹，產生膨鬆酥脆的口感。

然而，如果氣泡一出現就馬上破裂，跟香檳酒一樣的話，也是沒有用的，啤酒倒入杯中時會在最上層形成酒沫，是因為啤酒中含有發泡劑。這類成分有些是啤酒中自然產生的蛋白質，有些則是釀造商所添加，用以產生綿密持久的酒沫。這些成分可形成薄膜包裹泡沫，並且減緩泡沫破裂的速度。










泡沫也是很好的隔熱物質。當你將包裹啤酒麵糊的魚片放入油炸鍋，大部分的熱會被麵糊吸收，而不會進入內部細緻的魚肉。起泡的麵糊可加熱到遠超過 130°C，也就是形成金黃色澤和可口油炸風味的梅納反應點，魚片則在內部緩緩加熱。啤酒中的酒精也是緩和內部溫度並使麵衣酥脆的重要角色。

二、研究架構



三、實驗步驟

1kg 米→洗淨並泡水(2hr)→待水煮滾後，將米鋪置濾布放入蒸籠→蒸 8~15 分鐘後，灑入少許熱水→蒸 5~10 分鐘至米心熟透→把米鋪在有孔洞的烤盤上→測中心溫度(須降至 45°C 左右)→均勻拌入米麴→置發酵箱 30°C，保持通風→觀察長麴程度及糖化情形→入甕→發酵→加煮過啤酒花之原料兩倍重水→加適量葡萄糖、砂糖及酵母 (*S. cerevisiae*) 並裝瓶→進行二次發酵(低溫儲藏 30 天)→成品酒。

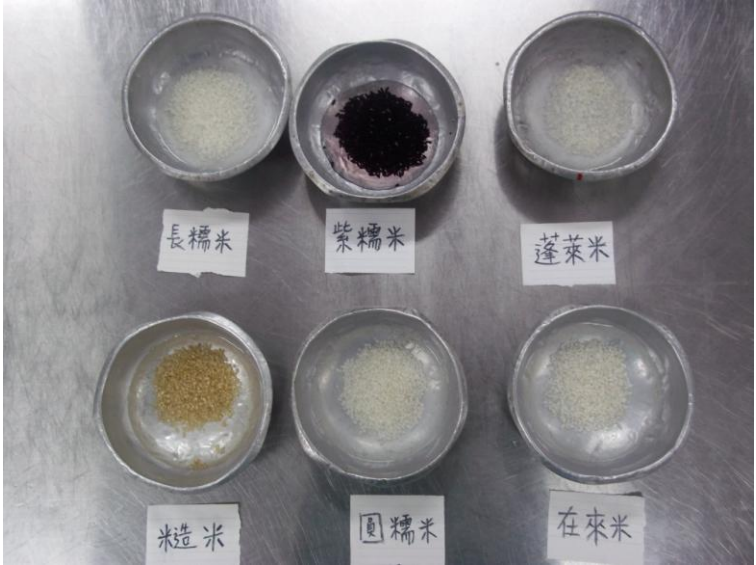
		
把米鋪置米布	蒸米	冷卻
		
拌麴	置發酵箱	長麴
		
入甕	煮啤酒花	裝瓶

四、實驗方法

(一) 實驗一：不同米種的吸水率測定⁽²⁾

$$\text{吸水率}(\%) = (\text{白米浸水後} - \text{白米淨重}) / \text{白米淨重} \times 100\%$$

表 1 不同米種之水分吸收


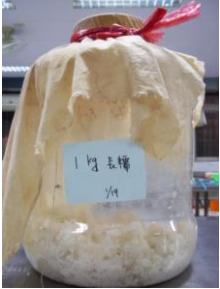





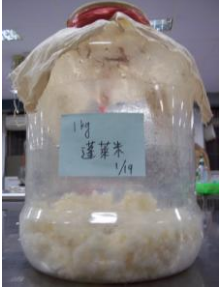


米種	泡水三小時
長糯米 紫糯米 蓬萊米 糙米 在來米 圓糯米	

(二) 實驗二：不同溫度下米麴的生長情形

實驗中，依相同重量將蒸煮後的米，經均勻拌麴後分別置於 15°C、30°C、45°C 等不同溫度下，觀察米麴生長程度（表 2）。

表 2 各類米長麴及入甕

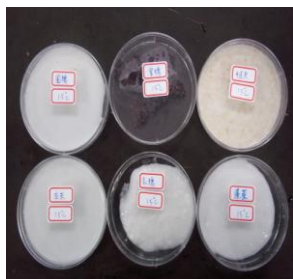


米種	長麴	入甕
在來米		

<p>長糯米</p>		
<p>紫糯米</p>		
<p>圓糯米</p>		
<p>蓬萊米</p>		
<p>糙米</p>		

(三) 實驗三：長麴（糖化）後之糖度測定

糖化為釀造過程重要的環節，糖化程度會影響酒精產量，麴菌分泌的酵素將澱粉分解的越多代表糖化程度越好。以手持式糖度曲折度計（簡稱糖度計）來測量糖化的程度（可溶性固形物）。步驟為先用研鉢將糖化後的米搗碎，再用糖度計測量，並探討在 15°C、30°C、45°C 的糖化程度（表 3）。

表 3 米磨碎後測其糖度

15°C	30°C	45°C
		
圓糯米 紫糯米 糙米 在來米 長糯米 蓬萊米	在來米 紫糯米 長糯米 糙米 蓬萊米 圓糯米	糙米 蓬萊米 圓糯米 長糯米 紫糯米 在來米

(四) 實驗四：成品蒸餾酒精度探討

在製作啤酒過程中，後發酵是影響產品熟成程度及口感的重要步驟。因此比較不同米種在不同溫度下後發酵約一個月再經蒸餾後之酒精度。以酒精蒸餾器將成品酒中的酒精蒸餾出來，以酒精度比重計測量之。

(五) 實驗五：成品之 pH 值測定

實驗中用 pH 計測量長糯米、圓糯米、紫糯米、蓬萊米、在來米、糙米與市售金牌台灣啤酒及台灣啤酒比較其酸鹼值是否相符。

(六) 實驗六：成品總酸度與糖酸比測定

1. 取 25mL 成品酒加入 25mL 蒸餾水及 0.5mL 酚酞指示劑，以 0.1N 氫氧化鈉作為標準溶液滴定其總酸度並計算有機酸量做為口感酸度之參考⁽⁷⁾。

$$\text{有機酸量 (\%)} (\text{以乳酸計}) = A \times F \times B \times DF / S \times 100\% \text{ (8)}$$

A=0.1N 氫氧化鈉標準溶液滴定所消耗體積 (mL)

F=0.1N 氫氧化鈉標準溶液力價

B=相當於 0.1N 氫氧化鈉標準溶液 1 mL 的有機酸量 (g)

DF=稀釋倍數

S=試料之秤取量 (g)

2. 糖酸比為成品糖度 (%) 與有機酸 (%) 之比值

(七) 實驗七：官能品評

喜好性評分法：進行消費者型喜好性品評試驗，以平時有飲酒經驗之 10 位成年人分別針對外觀、香氣、味道、組織及接受性給予投票，非常喜歡 5 分、喜歡 4 分、普通 3 分、不喜歡 2 分、非常不喜歡 1 分。

(八) 實驗八：成本分析

計算同單位下不含水之原料成本，作為未來選用原料價格之參考。

(九) 實驗九：成品應用於食品－「開口笑」

1、開口笑製作配方

原料名稱	烘焙%	公克
雪白油	8	20
細砂糖	50	125
鹽	1	2.5
蛋	40	100
低筋麵粉	100	250
泡打粉	2	5
白芝麻	-	沾表面用

2、製作方法與條件

- (1) 將雪白油、細砂糖、鹽及蛋拌勻。
- (2) 將低筋麵粉與泡打粉篩勻，加入拌成糰。
- (3) 鬆弛 5~10 分鐘，分割 18g/個，共 25 個。
- (4) 沾水用手搓黏，再沾白芝麻搓圓。
- (5) 用 150~170°C 油炸至金黃色。

實驗中將米啤酒依照不同比例取代蛋，分別以 A、B、C 為代號，A：全蛋(對照組)、B：50%酒+50%蛋(實驗組)、C：全酒(實驗組)。以游標卡尺重複測量直徑，取平均值。

(十) 實驗十：「開口笑」官能品評

實驗步驟如實驗七，進行官能品評(約 20 人)。

伍、研究結果

一、不同米種的吸水率測定

經實驗發現，米的品種不同，長麴的過程情形也有所不同，其中有些較為乾燥，米麴不易生長。我們利用相同重量的不同米種和水溫比較浸水時間長短，並探討不同米種泡水後之吸水程度是否影響糖化結果。

由表 4 得知，吸水率：圓糯米>長糯米>紫糯米>蓬萊米>在來米>糙米。圓糯米吸水率最佳；糙米吸水程度較不理想。

表 4 不同米種之水分吸收

不同米種	淨重(g)	3 小時(g)	吸水率(%)
長糯米	30	41.5	38
圓糯米	30	43.5	45
紫糯米	30	41	37
蓬萊米	30	38	27
在來米	30	39	30
糙米	30	37.5	25

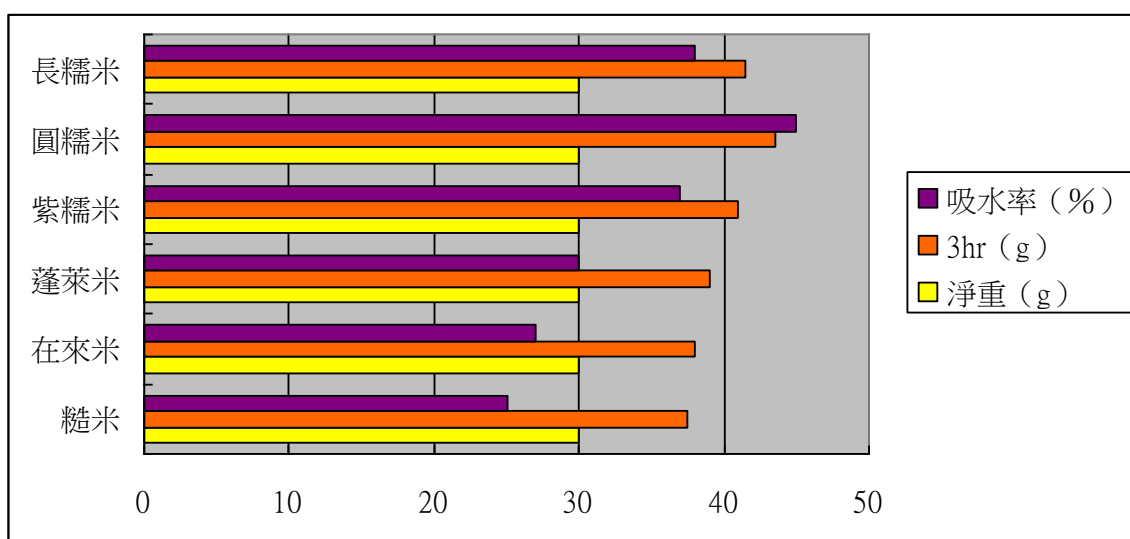


圖 1 不同米種之水分吸收

二、不同溫度下米麴的生長情形

由實驗得知，在 15°C 下水分較不易散失，且低溫會抑制麴菌生長；30°C 下米麴白色菌絲分布廣，生長情形較好；45°C 米粒明顯乾硬，米麴仍持續生長但沒有 30°C 明顯(如表 5)。

表 5 二十四小時米麴在不同溫度之生長狀況

溫度 品種	溫度		
	15°C	30°C	45°C
長糯米			
圓糯米			
糙米			
在來米			
蓬萊米			
紫糯米			

三、長麴（糖化）後之糖度測定

由表 6 得知，糙米和在來米因糖度偏低較不適合釀酒；圓糯米分別在 30°C、40°C 皆有高糖度，其在不同的溫度下有穩定的糖度，較適合做為釀酒的原料。長糯米和蓬萊米分別在 30°C、45°C 下有約 15°Brix 的糖度，可做為製麴的參考。米麴在 45°C 下仍然會長白色菌絲；低溫 15°C 下會抑制活性，但仍持續生長。由此數據可觀察出溫度的變化會影響糖化程度。30°C 糖化完整且較安全，溫度高雖有糖化，但易發生燒麴；而低溫會抑制麴菌活性。

表 6 長麴後之糖度

不同米種	糖度 (°Brix)		
	15°C	30°C	45°C
長糯米	10	15	7
圓糯米	8	14	15
紫糯米	7	5	10
在來米	2	2	5
蓬萊米	5	5	16
糙米	5	5	5

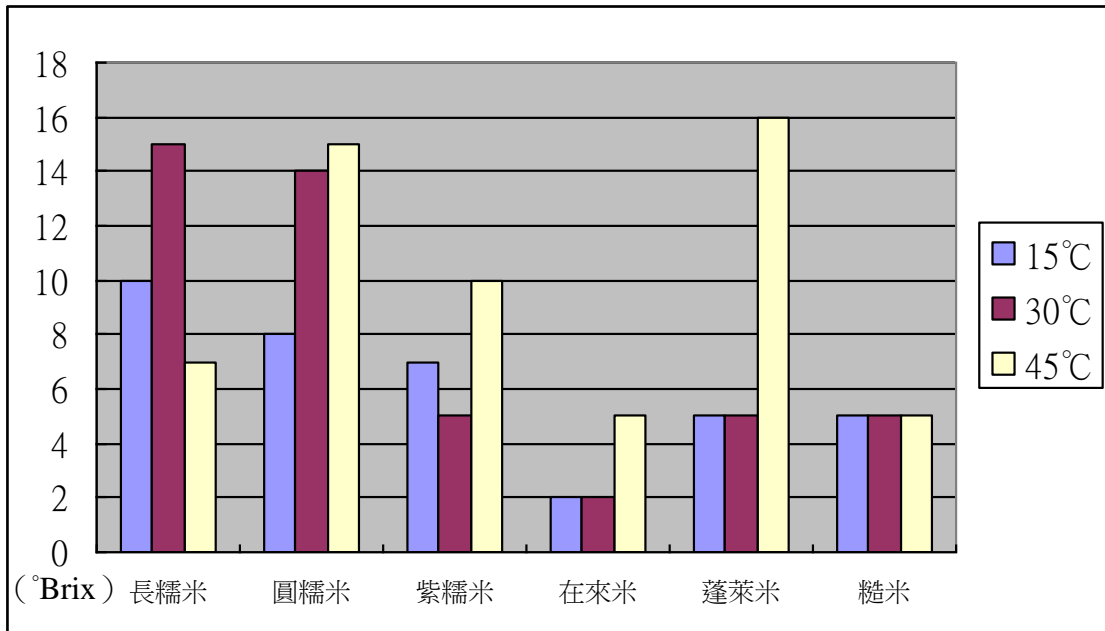


圖 2 長麴後之糖度

四、成品蒸餾酒精度探討

由表 10 得知，5°C 下圓糯米 > 紫糯米、蓬萊米 > 長糯米、在來米及糙米；15°C 下長糯米、圓糯米及蓬萊米 > 紫糯米 > 在來米及糙米；30°C 下則是在來米 > 圓糯米 > 長糯米 > 蓬萊米 > 糙米 > 紫糯米，而在 5°C 後發酵中所產生的酒精度最高，其中又以圓糯米 17% 居高。

表 7 各類米種之酒精度

不同米種	酒精度 (%)		
	5°C	15°C	30°C
長糯米	14	13	12
圓糯米	17	13	13
紫糯米	15	12	9
蓬萊米	15	13	11
在來米	14	10	14
糙米	14	10	10

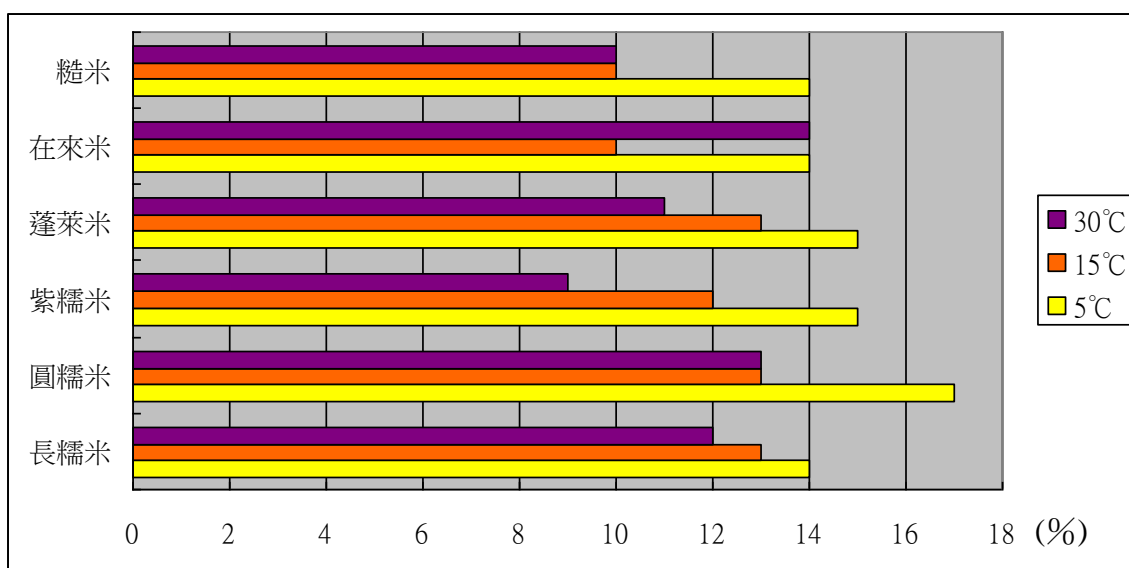


圖 3 各類米種 15°C 之酒精度

五、成品之 pH 值測定

文獻⁽⁹⁾指出啤酒 pH 值一般為 4.3~4.6 (理想情況為 4.2~4.3)。由表 7 得知，圓糯米在 5°C 後發酵時與市售啤酒相同，在來米偏低與文獻較不符合，其他米種之 pH 差異不大，依序為紫糯米 > 圓糯米 > 糙米 > 長糯米 > 蓬萊米 > 在來米。

表 8 成品酒之 pH 值

不同米種	pH 值		
	5°C	15°C	30°C
長糯米	4.24	4.24	4.16
圓糯米	4.38	4.38	4.36
紫糯米	4.45	4.46	4.41
蓬萊米	4.18	4.17	4.07
在來米	3.77	3.82	3.73
糙米	4.36	4.36	4.32
金牌台灣啤酒	4.38	—	—
台灣啤酒	4.38	—	—

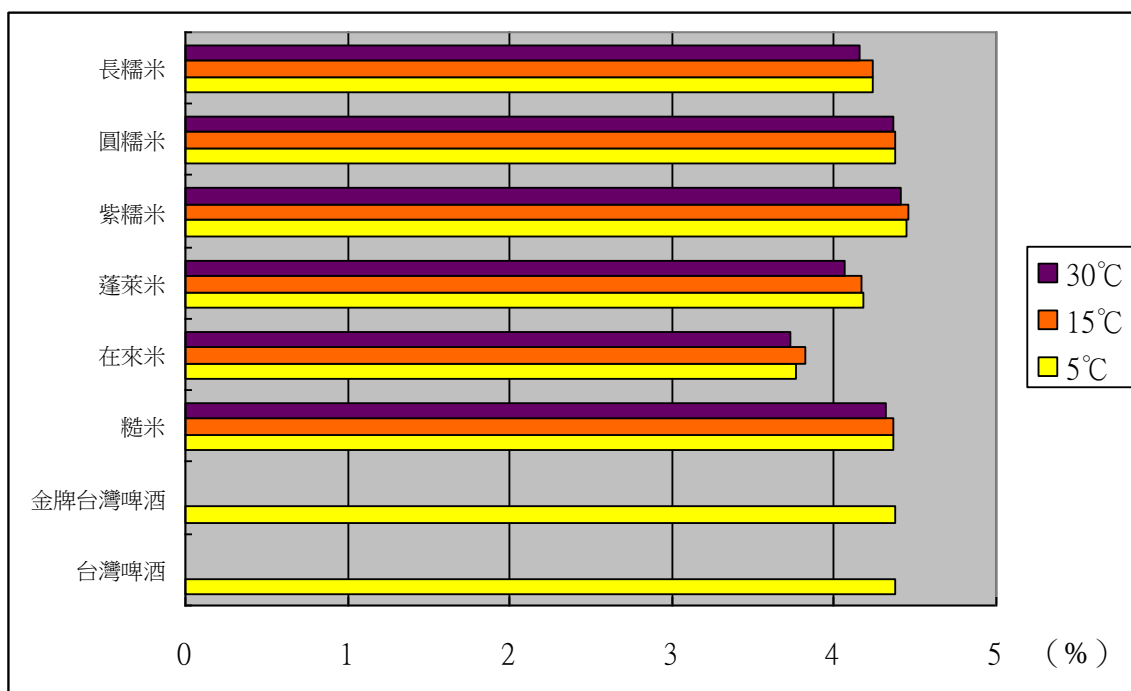


圖 4 成品酒之 pH 值

六、成品總酸度與糖酸比測定

以糖度計測量完成後發酵之成品，並滴定成品的總酸度（%，以乳酸計）。在 30°C 後發酵者糖度（可溶性固形物）均較高；米啤酒的糖度也高於市售啤酒。滴定總酸度以糙米較高，其餘米種與市售啤酒差異不大。糖酸比是糖度與滴定酸度的比值，可作為啤酒口感之參考。圓糯米最高偏甜，長糯米次之，再來為蓬萊米，再經實驗七的官能品評來評估產品的整體接受性。

表 9 成品酒之糖度

不同米種	糖度 (°Brix)		
	5°C	15°C	30°C
長糯米	7.5	8	11.5
圓糯米	12	9.5	14
紫糯米	6	7	13
蓬萊米	7	8	12
在來米	9	7	14
糙米	6.5	8	10
金牌台灣啤酒	4.5	-	-
台灣啤酒	5	-	-

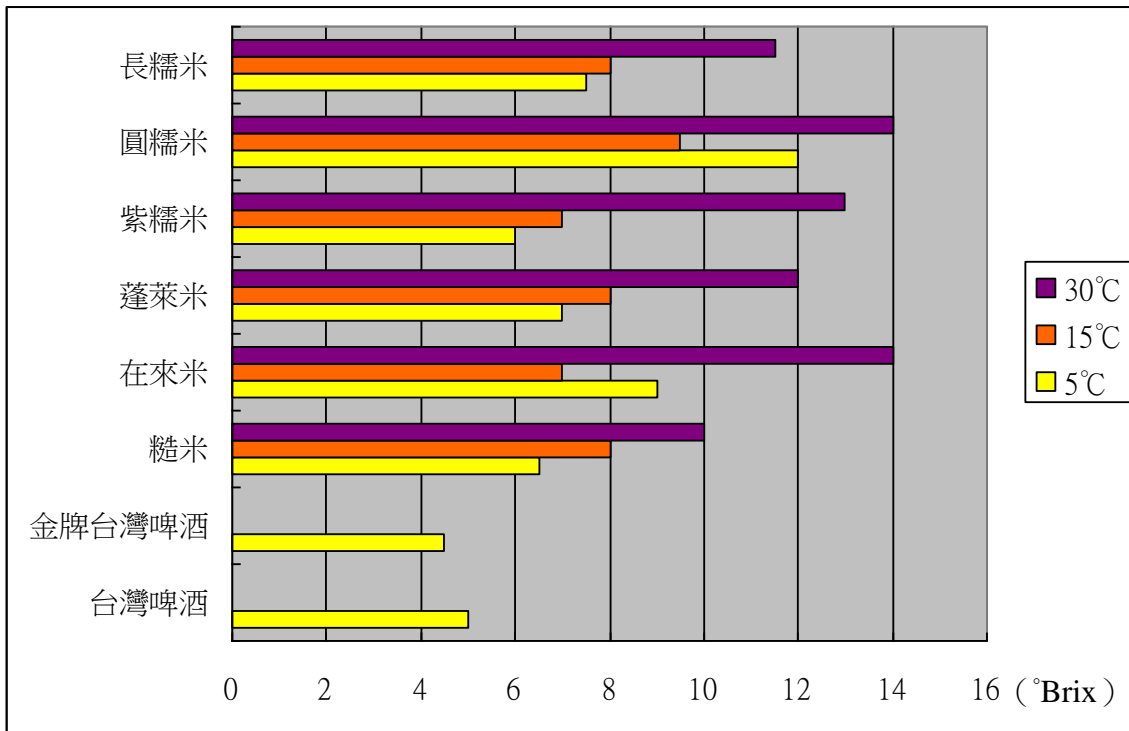


圖 5 成品酒之糖度

表 10 有機酸含量及糖酸比之比較

	長糯米	圓糯米	紫糯米	蓬萊米	在來米	糙米	金牌台灣啤酒	台灣啤酒
有機酸含量(%)	0.87	0.83	0.88	0.93	0.94	1.08	0.95	0.92
糖酸比	8.58	14.49	6.80	7.57	9.54	6.01	4.74	5.43

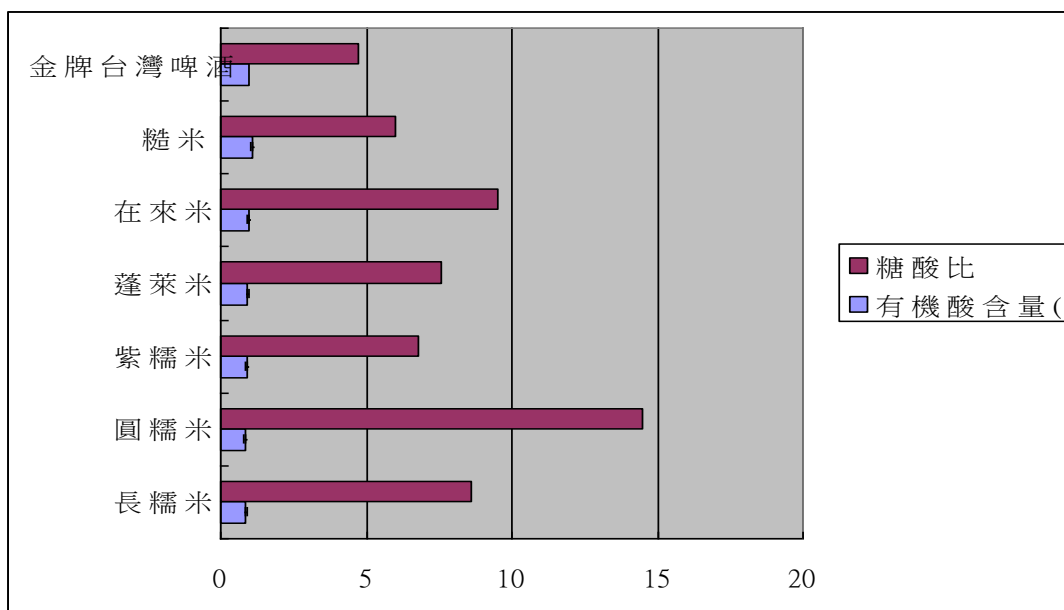


圖 6 有機酸含量及糖酸比之比較

七、官能品評

統計後我們得知外觀上以紫糯米分數最高；香氣的部份以長糯米最佳；味道、組織(口感)及整體接受性則皆是圓糯米較為大眾喜愛，蓬萊米次之，糙米較不理想。

因該實驗的米種較多，因此以官能品評的初步結果進一步選取圓糯米在不同後發酵溫度下去品評，發現在 5°C 及 30°C 的分數幾乎相同，較 15°C 高出約近 30%。

表 11 不同米種之官能品評

品評性狀	分數					
	長糯米	圓糯米	紫糯米	蓬萊米	在來米	糙米
外觀(外型、色澤)	28	28	31	28	26	24
香氣(芳香)	28	27	23	25	26	23
味道(酸、甜、苦、鹹)	26	34	23	28	28	29
組織(口感)	27	31	23	27	26	27
接受性(綜合評鑑)	27	31	25	29	27	27

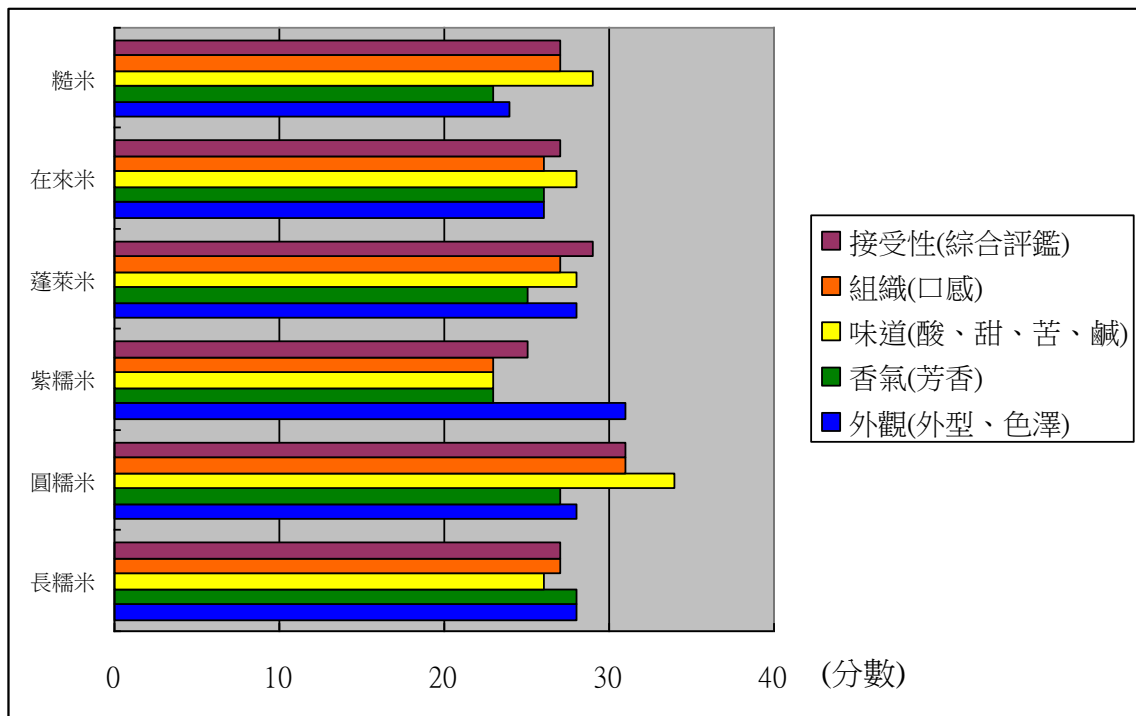


圖 7 不同米種之官能品評

表 12 圓糯米不同後發酵溫度之官能品評

品評性狀	分數		
	5°C	15°C	30°C
外觀(外型、色澤)	31	24	32
香氣(芳香)	34	26	32
味道(酸、甜、苦、鹹)	33	22	33
組織(口感)	32	20	33
接受性(綜合評鑑)	33	21	31

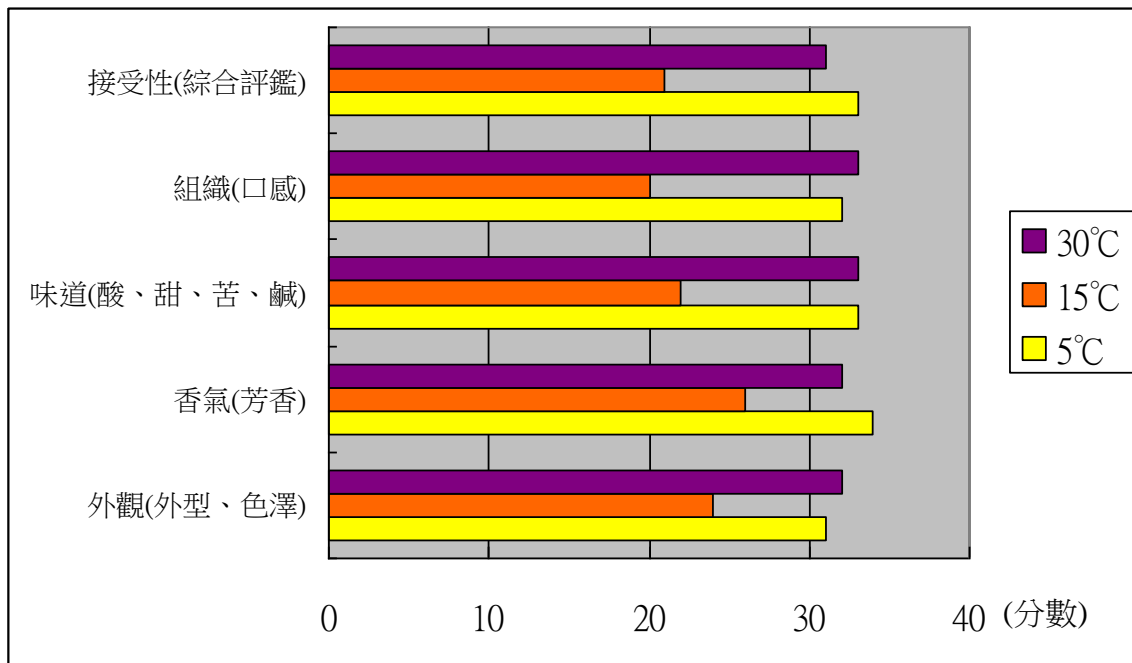


圖 8 圓糯米不同後發酵溫度之官能品評

八、成本分析

如表 13 所示，在同單位下成本其中包含原料米、米麴、啤酒花、啤酒瓶(含王冠蓋)、糖粉及葡萄糖，依成本高低依序為紫糯米 > 長糯米 > 圓糯米 > 糙米 > 蓬萊米 > 在來米，可作為原料選用之參考。

表 13 不同米種之成分分析

米種	新台幣(元/325mL)
圓糯米	21.7
長糯米	21.9
紫糯米	25.34
蓬萊米	21.1
在來米	19.5
糙米	21.09

九、成品應用於食品－「開口笑」

由表 14 得知，外型上以 A 的開口較小且與市售成品相近。由實驗組及對照組發現，有添加米啤酒之開口笑具不規則形狀，依米啤酒取代量的不同其膨脹程度 $C > B > A$ (參照表 15 數據)。

十、「開口笑」官能品評

品評結果顯示，成品 A 的外觀與市售開口笑相近，故分數較高；香氣部份以成品 C 分數最低；成品 C 因酥脆性較好所以在口感上得分高；接受性及總分由成品 B 的分數較其兩者高。

表 14 油炸後開口笑之膨脹情形





			
A (全蛋)	B (蛋與米啤酒 各一半)	C (米啤酒)	A、B、C

表 15 油炸後開口笑之直徑

	長度(cm)		
	A	B	C
直徑	4.37	4.98	5.78

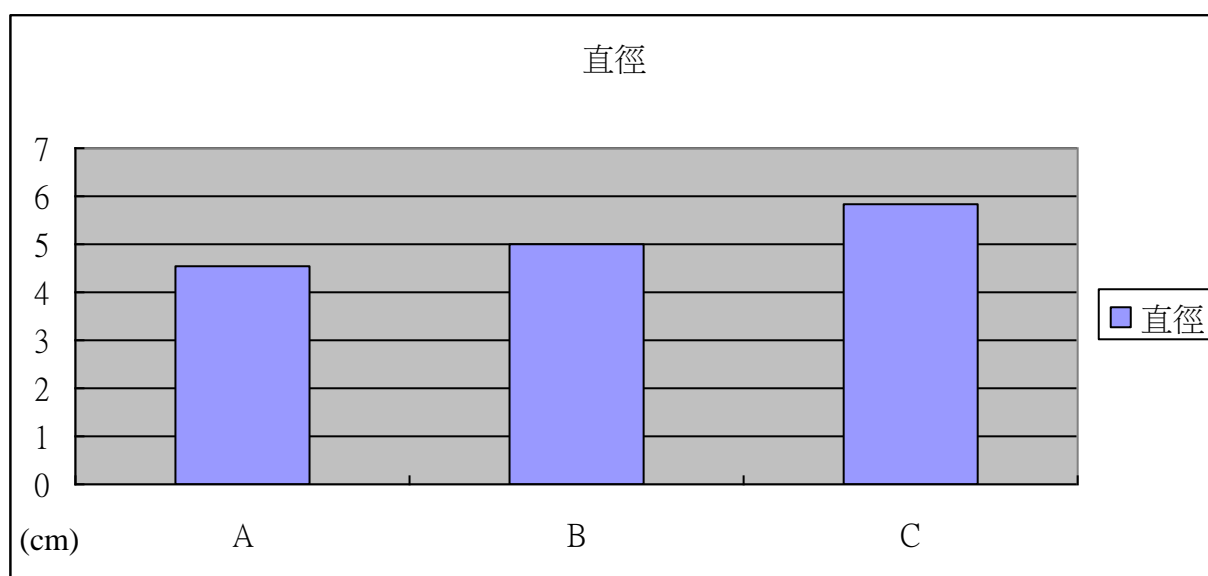


圖 9 油炸後開口笑之直徑

表 16 開口笑之官能品評

品評項目	分數		
	A	B	C
外觀	75	70	65
香氣	65	65	59
口感(酥脆性)	64	82	88
接受性	71	79	69

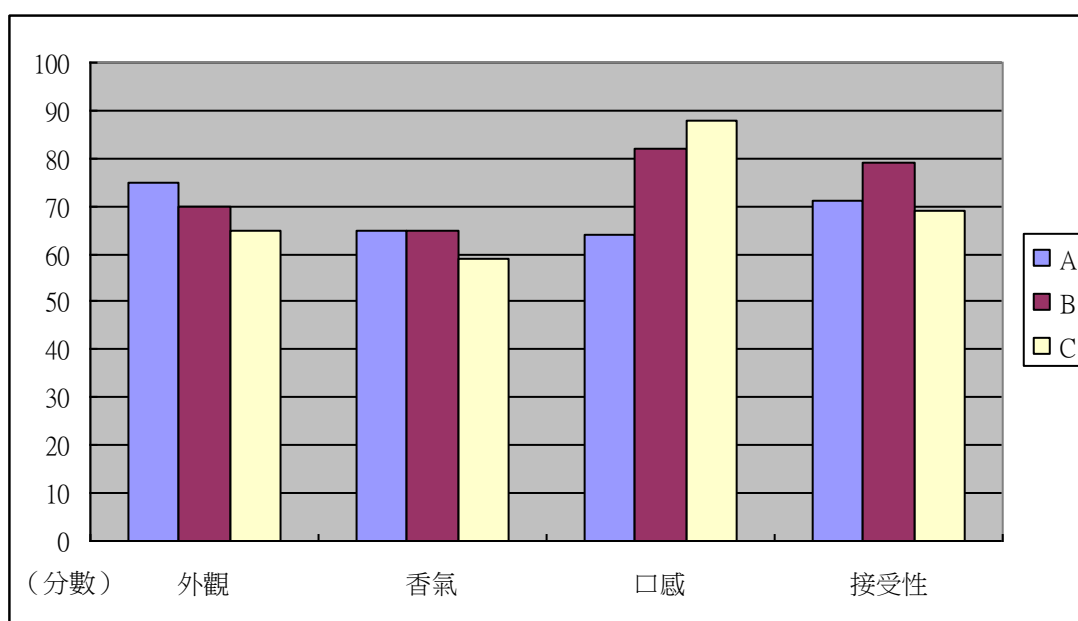


圖 10 開口笑之官能品評

陸、討論

一、不同米種的吸水率測定

依結果發現圓糯米吸水率較佳，而支鏈澱粉越高吸水程度越好。圓糯米因含有 97~100% 的支鏈澱粉⁽¹⁾，故吸水率較其他米高，經實驗發現吸水率越高糖化程度越好 (請參閱實驗二)。糙米因為含有較多的纖維質，吸水率為六種米最低，參考實驗三結果發現其長麴後糖度不理想，其條件較不適合釀酒。

二、不同溫度下米麴的生長情形

長麴 (糖化) 是米酒發酵的一個重要關鍵步驟，通常米長麴需花上 1~2 天，最適溫度 25~30℃，其溫度會影響糖化結果。實驗發現米麴在 30℃ 下生長情形較好且與文獻⁽¹⁰⁾ 相符合。

三、長麴（糖化）後之糖度測定

實驗結果中 45°C 糖度均偏高，故推測麴菌在高溫下分泌酵素的速度較快以致於糖度較 15°C 及 30°C 高，但 40°C 以上米麴易發生燒麴產生氨臭味影響口感。30°C 和 15°C 糖度比較，30°C 與我們所需要的條件較相符合，建議以 30°C 作為製作米啤酒的長麴溫度。圓糯米及長糯米含較高之支鏈澱粉，米麴所產生的糖化酵素應為水解支鏈澱粉能力較強者，故有較高之糖度（可溶性固形物）。

四、成品蒸餾酒精度探討

因米啤酒中含有許多可溶性固形物，會影響酒精比重計之測得結果。故成品需經蒸餾才能測酒精度。米麴的糖化程度可作為酒精度的參考，糖化程度越好酒精度會越高。比較成品置於不同溫度進行後發酵約一個月，蒸餾後測得 5°C 為較適之後發酵溫度，其中又以圓糯米 17% 為高。推測在 30°C 時因溫度較高，酵母菌發酵速率較快，菌體生長較快進入靜止期；而在 5°C 下，發酵及產氣的速率較低，可延長發酵的時間，使得酒精產量較其他組微高。

五、成品之 pH 測定

食品的風味、口感相當主觀，消費者因不同的文化、性別、年齡等差異極大。因此由實驗四至實驗七，試著以 pH 值、糖酸比及官能品評等試驗來表示。由該實驗中發現圓糯米之 pH 值恰與市售啤酒相同，在來米最低，推論因在來米之直鏈澱粉含量較高，酵素作用較不易，液化或糖化後於後發酵的製程中由乳酸菌產生乳酸或米中原有其他有機酸所導致。不同米種之間除了在來米較低，其餘 pH 值差異不大，因此，雖可作為口感參考，仍須進一步以實驗六來觀察。

六、成品總酸度與糖酸比測定

成品的總酸度（%）以乳酸計⁽⁷⁾，進行糖酸比之計算。「糖酸比」為果汁調整口感的參考數據。一般市售果汁的糖度為 11~13.5%（°Brix），可滴定酸度為 0.15~0.55%⁽¹⁾，若取數值的中間值，即 12% : 0.3%，糖酸比的比值範圍約在 40。以此比值模擬米啤酒與市售啤酒之口感。結果發現米啤酒的糖酸比皆高於市售啤酒，其中圓糯米高出近三倍。推論因米的澱粉（糖類）含量較大麥高，以糯米為例，每 100 克約有 77 克的糖類⁽¹¹⁾，而大麥在同單位下糖類約為 66 克。故可參考市售啤酒的糖酸比作為調整米啤酒口感的參考。

七、官能品評

外觀上以顏色最特別的紫糯米啤酒較受喜愛；長糯米啤酒有淡淡的米香，故香氣的部份分數高；在味道、組織和接受性上，圓糯米啤酒因具有甜味、氣泡多且順口，在綜合評鑑上為六種米中得分最高，因此我們將其放在不同溫度後發酵另外進行品評，探討不同溫度下口感的差別。品評結果顯示 5°C 及 30°C 的圓糯米啤酒接受性為佳，因此建議米啤酒可選取圓糯米或蓬萊米作為原料。

八、成本分析

不同米種的成本高低如結果所列，參考上述實驗後，建議可以圓糯米、蓬萊米及長糯米為製酒原料，但仍需考量產地、季節、運輸…等因素，會有不同的調降。

九、成品應用於食品－「開口笑」

蛋白因含有結著性，可使麵糊油炸後不鬆散，因此成品 A（全蛋）口感較其餘兩者扎實。實驗結果中有添加米啤酒的成品 B（50%酒+50%蛋）油炸後和成品 C（全酒）相比，發現成品 C 體積明顯膨脹，直徑分別為 C(5.78cm) > B(4.98 cm) > A(4.37cm)，C 與 A 的直徑相差約有 1.4 cm。此外，B、C 成品的口感較酥脆，其中成品 C 由於含較多水分（全酒），故在油炸時脫水較多，使成品較前兩者為硬脆。根據文獻⁽⁶⁾指出二氧化碳及酒精加熱後會使麵糊膨脹且更酥脆。

十、「開口笑」官能品評

官能品評中，成品 C 的香氣分數最低，推測因成品 C 不含蛋，麵糊在油炸中吸油量較多，使香氣上具有較重的油炸味；接受性方面，因口感與成品 A 相比較酥脆，所以成品 B 較大眾喜愛。此實驗證實米啤酒能斟酌應用在食品加工上，改善成品口感及風味增加其價值。

柒、結論

- 一、經實驗比較吸水率、糖度和酒精度等，發現圓糯米條件較其他米種好，故推論圓糯為該實驗中較佳之製酒原料，蓬萊米次之。
- 二、米麴於 30°C 菌絲分佈廣、生長情形較佳。
- 三、糖化率：圓糯米於 30、45°C 約為 15°Brix 較高，長糯米和蓬萊米分別在 30°C、45°C 下有約 15°Brix 的糖度，此實驗結果可作為釀酒原料的選擇參考，可考慮選取價格較低廉者應用於大量生產。
- 四、後發酵溫度以 5°C 低溫產生的酒精度最高，其中又以圓糯米的酒精度為高。酒精度為發酵參考指標，可視風味與口感選擇需要的後發酵溫度。
- 五、因口感、組織相當主觀，因此以 pH 值、總酸度、糖酸比及官能品評等結果作為風味的參考，以利後續相關研究的發展。
- 六、成本分析是比較不同米種之間，在考量產量、製程與風味後，再選用適合之原料。
- 七、加工應用：根據文獻⁽⁶⁾若將米啤酒應用在其他油炸類食品，發現其特性能幫助油炸食品的膨脹體積與酥脆性，並增加其食品加工價值。
- 八、未來展望：米和甘藷是台灣最主要的澱粉類主食，目前台灣普遍利用米為原料來製酒，而傳統以甘藷製成的酒稱為燒酒。希望將來能將甘藷進行糖化製成甘藷啤酒，並發展台灣鄉土農業的發酵產品，若生產過盛可加工製酒，調節產量，發展特色，提升經濟價值。

捌、參考資料及其他

一、參考文獻

- (一) 郭文玉、劉發勇、邱宗甫(2010)。食品加工 I。台南：復文圖書。
- (二) 漢聲文化(2009)。中國米食 The Chinese Rice Book。上海：錦繡文章出版社（文藝出版集團）。
- (三) 財團法人 豐年社(1998)。米食加工。台北：豐年叢書。
- (四) 段國仁(2010)。九十九年度生物技術人才培訓計畫 B065 啤酒釀造 workshop。台北：大同大學生物工程學系。
- (五) 啤酒花(無日期)。取自：百度百科
http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=zh-TW&sl=zh-CN&u=http://baike.baidu.com/view/49126.htm&prev=/search%3Fq%3D%25E5%2595%25A4%25E9%2585%2592%25E8%258A%25B1%25E6%2588%2590%25E5%2588%2586%26hl%3Dzh-TW%26safe%3Doff%26biw%3D1020%26bih%3D613%26prmd%3Ddivnsfd&rurl=translate.google.com.tw&usg=ALkJrhjvGeeops90XpgLMp8wgFrbrNS-IQ
- (六) 吉布斯(W.Wayt Gibbs)、米佛德(Nathan Myhrvold)、甘錫安譯(2011)。啤酒麵糊更香脆。科學人雜誌。台北遠流，NO.109 2011年3月號。
- (七) 羅彥瑜(2004)。米酒之釀造及加速熟成對品質之影響。國立中興大學食品科學系碩士論文，台中。
- (八) 李玫琳(2007)。食品化學與分析 I。台南：復文圖書。
- (九) Wolfgang Kunze(2008)。啤酒工藝實用技術。北京：中國輕工業。
- (十) 黃忠村(2007)。食品微生物。台南：復文圖書。
- (十一) 各種米的營養成份（100g 可食部份）分析表(無日期)。取自：
http://www.afa.gov.tw/publish_detail.asp?catid=1467

二、各種米的營養成份（100g 可食部份）分析表⁽¹¹⁾

各種米的營養成分(100g 可食部分)分析表

	熱量(大卡)	蛋白質(g)	脂肪(g)	糖類(g)	纖維(g)	鈣(mg)	磷(mg)	鐵(mg)	維生素B1(mg)	維生素B2(mg)
糙米	340	6.7	2	75.4	0.3	21	280	1.5	0.3	0.05
胚芽米-在來種	366	7.2	3.6	75.4	0.6	24	178	3.4	0.34	0.17
胚芽米-蓬萊種	369	6.8	4.8	74.2	0.8	21	152	1.6	0.31	0.11
白米	354	6.5	0.5	78.1	0.3	15	151	0.6	0.11	0.04
米飯	158	2.8	0.4	34.5	0.1	4	51	0.9	0.01	0.01
糯米	354	6.5	1.2	76.8	0.2	8	120	2.2	0.13	0.04

三、官能品評表格

米啤酒官能品評

樣品名稱： _____ 性別： _____ 日 期： 年 月 日
 年齡： _____ (請 打 "V")

樣品代號 品評性狀		A	B	C	D	E	F
		外觀 (外型、色澤)	非常喜歡				
喜 歡							
普 通							
不 喜 歡							
非常不喜歡							
香 氣 (芳 香)	非常喜歡						
	喜 歡						
	普 通						
	不 喜 歡						
	非常不喜歡						
味 道 (酸、甜、苦、鹹)	非常喜歡						
	喜 歡						
	普 通						
	不 喜 歡						
	非常不喜歡						

組織(口感)	非常喜歡						
	喜 歡						
	普 通						
	不喜歡						
	非常不喜 歡						
接受性(綜合評鑑)	非常喜歡						
	喜 歡						
	普 通						
	不喜歡						
	非常不喜 歡						
短 評							

品評性狀		樣品代號	甲	乙	丙
外 觀 (外型、色澤)	非常喜歡				
	喜 歡				
	普 通				
	不喜歡				
	非常不喜 歡				
香 (香氣、芳)	非常喜歡				
	喜 歡				
	普 通				

	不喜歡			
	非常不喜歡			

味道 (酸、甜、苦、鹹)	非常喜歡			
	喜 歡			
	普 通			
	不 喜 歡			
	非常不喜歡			
組 織 (口 感)	非常喜歡			
	喜 歡			
	普 通			
	不 喜 歡			
	非常不喜歡			
接受性 (綜合評鑑)	非常喜歡			
	喜 歡			
	普 通			
	不 喜 歡			
	非常不喜歡			
短 評				

～ 謝 謝 您 的 合 作 ～

【評語】 091402

1. 實驗主題及成果具創意及應用性。
2. 團隊合作表現佳。
3. 實驗結果之統計分析可加強。