

圖一 實驗設計圖

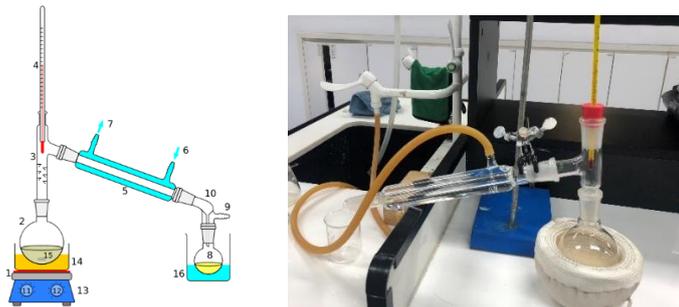
#### 四、探究方法與驗證步驟

實驗器材與藥品如下：

小燒杯、錐形瓶、秤藥匙、電子秤、玻棒、封口膜、秤量紙、圓底燒瓶、三叉管、溫度計、冷凝管、攪拌加熱器、葡萄糖（糖度約 74Brix%）、木瓜（台農二號、糖度約 14Brix%）、氫氧化鈉、鹽酸、固態酵母（酵母菌、水、固態卵磷脂）、天然酵母。

##### （一）蒸餾實驗步驟

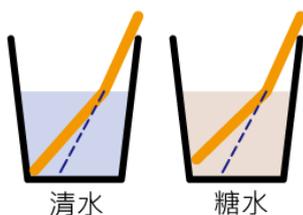
1. 架設實驗裝置，如圖二所示。
2. 將待蒸餾的溶液倒入蒸餾瓶進行蒸餾，收集餾份量測酒精濃度。



圖二 蒸餾裝置

##### （二）酒度計和糖度計的原理

酒度計和糖度計可用於測量溶液中酒精和糖類的濃度，其原理主要是利用酒精溶液和糖水的折射率大於蒸餾水，透過光線穿透過不同濃度的液體，折射角度會改變，如圖三所示，可用來測出酒度和糖度的讀數，藉以了解溶液中的酒精和糖類的含量百分比，糖度計如圖四所示，酒度計如圖五所示。



圖三 純水和溶液的折射模擬圖



圖四 糖度計



圖五 酒度計

### (三) 不同葡萄糖濃度對酒精發酵的影響

為了確認不同葡萄糖濃度對酒精發酵的影響，我們設計了以下實驗：

首先分別配製葡萄糖重量百分比濃度為 2.5%、5%、7.5%、10%、12.5% 的葡萄糖水溶液，加入天然酵母各 1 克，放入錐形瓶發酵 7 天後，進行簡單蒸餾實驗，利用酒度計測量其酒精濃度，其實驗結果如表一所示。

表一 葡萄糖濃度對酒精濃度的影響

	葡萄糖濃度(%)	水(公克)	天然酵母粉(公克)	酒精濃度(Brix%)
對照組	0	100	1	0
1	2.5	97.5	1	1
2	5	95	1	4
3	7.5	92.5	1	4
4	10	90	1	6
5	12.5	87.5	1	8

實驗結果顯示，在酵母菌的催化之下，葡萄糖的重量百分率濃度越高，蒸餾出的酒精濃度也會越高，經由以上的實驗結果，我們決定選用含糖量高，且一年四季皆有生產的木瓜，做為後續釀造水果酒的材料。

### (四) 酵母菌種類對酒精發酵的影響

為了找出能夠產出更高酒精濃度的酵母菌種類，我們重複上述的實驗的流程，一組使用天然酵母粉，一組使用固態酵母，比較兩組發酵出的酒精濃度。

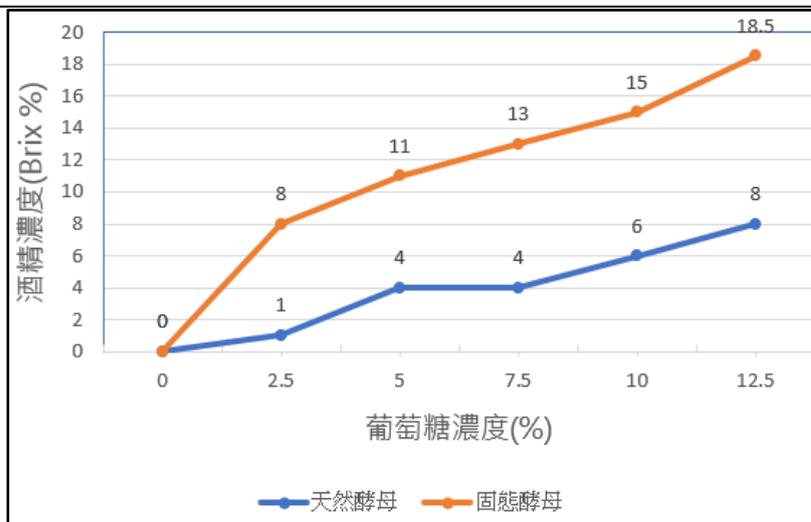
實驗步驟如下：

1. x 克的葡萄糖粉末加入(100-x)克的純水，配製重量百分比濃度為 x% 的葡萄糖水溶液。
2. 加入 1 克固態酵母，用玻璃棒攪拌至葡萄糖和固態酵母完全溶解。
3. 發酵一周後，進行簡易蒸餾實驗，並將實驗結果與表一做比較。

酵母菌種類對酒精發酵的影響的實驗結果如表二所示，並將表一和表二的結果整理如圖六。

表二 酵母菌種類對酒精濃度的影響

	葡萄糖濃度(%)	水(公克)	固態酵母(公克)	酒精濃度(Brix %)
對照組	0	100	1	0
1	2.5	97.5	1	8
2	5	95	1	11
3	7.5	92.5	1	13
4	10	90	1	15
5	12.5	87.5	1	18.5



圖六 天然酵母與固態酵母對酒精發酵的影響

實驗結果顯示，使用固態酵母會比天然酵母粉蒸餾出濃度較高酒精，推測主要原因是因為固態酵母含有較高成份的釀酒酵母混合物，可在較短的時間內發酵，在固定的反應時間下可產生較高濃度的酒精。然而，天然酵母是在自然環境中收集的酵母菌，所以酵母含量較低、發酵速度較慢，產生的酒精濃度也相對較低，因此本實驗推論固態酵母比天然酵母粉更適合用於高濃度酒精的製造，之後的實驗皆使用固態酵母進行實驗，以求收集到較高的酒精濃度。

#### (五) 不同溫度的木瓜對酒精發酵的影響

木瓜不僅容易取得，也是屬於糖度較高的水果，根據蔬果鑑定營養調理師吉田謹子與日本倫生會森醫院的衛教資料，水果的甜味主要來源於蔗糖、葡萄糖和果糖等糖份。不同水果的糖份組成比例也不同，冰過的水果之所以比較甜，與糖分種類有關係。因此我們決定分別使用常溫、冷藏、冷凍過的木瓜泥配製成不同重量百分濃度進行實驗，了解木瓜經低溫處理後對酒精濃度的影響。

將前處理所得的木瓜溶液進行簡單蒸餾實驗，常溫的結果如表三所示、冷藏的結果如表四所示、冷凍的結果如表五所示，並將表三~表五的結果繪製曲線圖如圖七所示，比較不同溫度的木瓜對酒精發酵的影響。

表三 常溫存放的木瓜對酒精濃度的影響

	木瓜溶液濃度(%)	水(公克)	固態酵母(公克)	酒精濃度(Brix %)
1	2.5	97.5	1	1
2	5	95	1	2
3	7.5	92.5	1	2.1
4	10	90	1	5
5	12.5	87.5	1	5

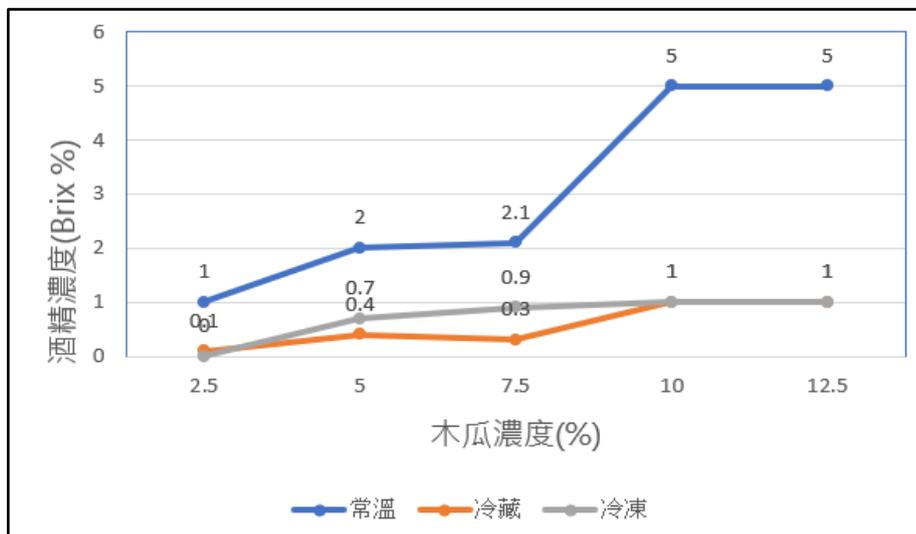
表四 冷藏存放的木瓜對酒精濃度的影響

	木瓜溶液濃度(%)	水(公克)	固態酵母(公克)	酒精濃度(Brix %)
1	2.5	97.5	1	0.1
2	5	95	1	0.4
3	7.5	92.5	1	0.3
4	10	90	1	1
5	12.5	87.5	1	1

表五 冷凍存放的木瓜對酒精濃度的影響

	木瓜溶液濃度(%)	水(公克)	固態酵母(公克)	酒精濃度(Brix %)
1	2.5	97.5	1	0
2	5	95	1	0.7
3	7.5	92.5	1	0.9
4	10	90	1	1
5	12.5	87.5	1	1

實驗結果顯示，常溫存放的木瓜進行簡單蒸餾所得到的酒精濃度高於冷藏、冷凍存放的木瓜，推測可能原因為低溫處理過的水果會使醣類的結構進行轉換，使果糖的比例變多，但由酒精發酵的方程式可知，葡萄糖才可經由酵母菌的作用產生酒精，因此低溫冷藏雖然增加甜度與口感，但在酒精發酵的過程卻較不利。



圖七不同溫度的木瓜對酒精發酵的影響

#### (六) 不同 pH 值對酒精發酵的影響

為了確認木瓜混合溶液的 pH 值對酒精發酵的影響，分別配製 pH 值為 2、5、7、9、12 的木瓜混合溶液進行簡單蒸餾實驗，了解 pH 值對酒精發酵的影響，實驗結果如表六所示。

表六 不同 pH 值對酒精濃度的影響

	pH 值	木瓜溶液濃度(%)	固態酵母(公克)	酒精濃度(Brix %)
1	2	10	1	2
2	5	10	1	2
3	7	10	1	1.5
4	9	10	1	1.5
5	12	10	1	1

實驗結果顯示，pH 值越低，發酵出的酒精濃度越高，推測可能的原因是酸性環境較利於微生物生長與繁殖，也有利於酵母菌釋放酵素加速醣類分解產生酒精。

### 五、結論與生活應用

我們從實驗結果得知以下結論：

1. 葡萄糖濃度越高，釀製出的酒精濃度越高。
2. 固態酵母比起天然酵母，發酵出的酒精濃度更高。
3. 常溫木瓜比起低溫處理過的木瓜更能發酵出高濃度的酒精。
4. pH 值越低，醣類發酵產生的酒精濃度越高。

在生活中可以將此實驗的結果應用在家庭生活中進行醣類發酵製酒，也可以應用於製造消毒用酒精，經由此次的探究不僅讓我們更熟悉酒精的製造方法，也對化學反應的奧妙之處產生極大的興趣。

### 參考資料

1. 水果甜度怎麼測出來的。  
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000008/detail?ID=6eb301c3-ec6b-4fd5-bf84-b91ba688a25b>
2. 探討以折光計檢測酒精濃度及應用於高端鳳梨酒的測定。  
<https://www.23035588.com.tw/twps-detail.php?newsid=1967>
3. 洪雅榆，劉之怡。百里飄香熱情酒-探討百香果皮製造酒精的可行性。中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。
4. 好「酒」不見～探討不同的醣類及水果酒精發酵。2022 全國科學探究競賽。
5. 【木瓜圖鑑】黃皮日光、圓形朱玉、台農 2 號、日陞、紅妃，木瓜家族你認識誰？專家解答 10 大謎團  
<https://www.newsmarket.com.tw/blog/158868/>