

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：好「酒」不見～探討不同的醣類及水果酒精發酵

一、摘要：

最近這幾年疫情嚴重，酒精供不應求，我們看到有使用葡萄糖去發酵酒精的相關文章，就想說能否試著去延伸，不只是拿葡萄糖去發酵，甚至果糖、水果等，我們也在實驗中改變葡萄糖以及果糖的濃度，去觀察其濃度與發酵後生成酒精的關係，實驗結果顯示酒化酶的多寡對於不同濃度的醣類以及不同種類的水果會有不同的影響，而本實驗發現蘋果汁產生的酒精濃度教橘子高；果糖 20% 並添加酒化酶 2g、葡萄糖 20% 並添加酒化酶 2g 可能是較適合產生出酒精的材料。

另外，我們分別拿不同水果的果肉以及果皮去做發酵，觀察果肉以及果皮對於發酵後酒精濃度會有什麼不同，發現水果品種、不同濃度的葡萄糖和果糖，甚至是發霉的葡萄糖溶液，都會對發酵後的酒精濃度產生影響。經由此次的實驗，我們希望能對酒精發酵有更進一步的認識，甚至可以提升自己的能力來自製酒精，進而去達到防疫的效果。

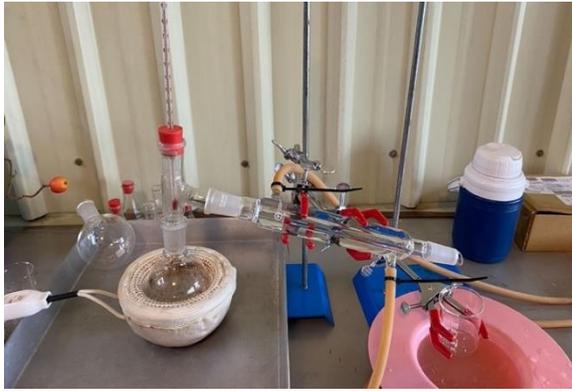
二、探究題目與動機

台灣最近疫情嚴重，所以相對來說防疫用品對於人來說是非常重要的，需求也日益增加，造成各大藥局或便利商店的防疫用品全部售罄，所以我們就在思考能不能自己做出酒精，並使用隨手可得的材料去完成，不僅可以省錢也可以避免到人群多的藥局或便利商店採買。我們上網查了資料，也詢問了老師的意見，決定來研究醣類發酵製酒精的議題，酒精發酵是指微生物通過發酵過程產出酒精的化學過程。酵母以及其它微生物經過發酵作用，反應物中的糖，如葡萄糖、果糖和蔗糖轉化成能量、乙醇和二氧化碳，因此，我們希望能運用隨手可得的醣類，像是葡萄糖、麥芽糖、果糖以及含高糖份水果來製作成酒精，再找出製做酒精的最佳化的組合。

三、探究目的與假設

實驗設計概念如下：

1. 簡單蒸餾：蒸餾是利用物質沸點的差異，將液體經過加熱後快速冷卻。將待測液加熱到沸點以上而汽化，然後經由冷凝管冷卻凝結成為液體，達到利用沸點不同來分離混合物的目的。因此，蒸餾包括汽化、凝結與收集三個程序。簡單蒸餾法是分析化學上純化與分離混合物常用的方法之一，初使實驗設計裝置如圖一所示，為了避免實驗過程造成酒精揮發速度太快，我們改善酒精收集方式，希望能在密閉情況收集濾液，進階實驗設計裝置如圖二所示，我們使用了一個玻璃彎管連接冷凝管下方和一個圓底燒瓶，待實驗完成後立即以酒度計測量酒精濃度，以增加實驗的準確性。



圖一 初階實驗裝置



圖二 進階實驗裝置

2.酒精發酵是在無氧條件下，利用酒化酶來分解葡萄糖等有機物質，產生酒精、二氧化碳等物質，並同時釋放出少量能量的過程，酒精發酵方程式如下：



根據上面的理論，我們提出了以下想法：

1. 不同醱類會蒸餾出不同濃度的酒精
2. 外在條件會影響酒精的濃度，例如發霉
3. 葡萄糖濃度與最後產生的酒精會成正比
4. 能不能用含高糖分的水果來做出酒精
5. 不同酒化酶的含量會影響蒸餾出來的酒精

根據以上想法，我們設計的實驗目的如下：

1. 不同醱類對酒精濃度的影響
2. 發霉會不會影響到酒精的濃度
3. 不同糖的濃度對於酒精濃度會不會產生變化
4. 不同水果（皮、果肉）對於酒精濃度的影響
5. 不同酒化酶的含量對酒精濃度的影響

四、探究方法與驗證步驟

首先要調配酵母菌以及蒸餾溶液：

調配酵母菌之實驗步驟：

- 1.把酵母粉加入溫度 35°C（根據文獻，我們發現 35°C時酵母菌活性最大）、0.02%的葡萄糖水中。
- 2.用玻棒均勻攪拌一分鐘
- 3.靜置於 30°C恆溫箱中如圖三所示，而發酵一星期後的液體如圖四所示。



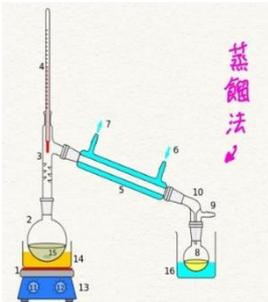
圖三 恆溫箱中的待發酵液體



圖四 發酵完成的待測液

蒸餾實驗步驟：

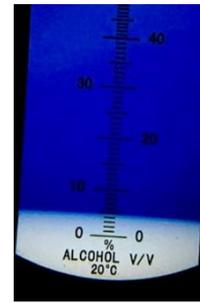
1. 架設實驗器材，如附圖五所示，並把待蒸餾的溶液倒入蒸餾瓶。
2. 開水龍頭，使冷凝管充滿水，先開啟控溫器再開啟加熱包開始蒸餾。
3. 溫度達到 90°C 時關閉加熱包停止加熱。蒸餾出的產物前 30 秒先不收集，實驗結束用微量滴管吸取 0.1 毫升濾液用酒度計測量，紀錄 5 次取平均值，酒度計如圖六所示。



圖五 蒸餾裝置



圖六 酒度計



圖七 酒度計測量示意圖

為了方便測量醱類發酵後產生的酒精，我們購買酒度計進行實驗，希望能幫助我們了解酒精之產量，酒精度計是利用光線穿透不同濃度的液體時，折射角度會產生改變的原理，來測量不同的酒精濃度，或其他物質的折射率變化，以換算出實際濃度，圖七列舉一例我們利用酒度計偵測到的結果，而酒度計的操作方式如圖八所示。



圖八 酒度計操作待測液示意圖

(一) 含高糖份水果實驗紀錄

在橘子汁和蘋果汁的實驗中，我們先將橘子和蘋果用果汁機打成汁後，再利用抽氣瓶過濾，分別加入酒化酶 1g 和 2g，一個星期後再利用酒度計測試酒精濃度，其實驗結果如圖九所示。根據測出來的酒精濃度，我們發現要利用生活中常見的水果發酵蒸餾出酒精是可行的。

在蘋果汁中加入 1g 酒化酶時產生出來的酒精濃度高達 30%，但是加入 2g 酒化酶時的解經農不反而變低，我們推論這可能是因為酒化酶太多反而會影響蘋果汁的發酵。在使用橘子汁發酵蒸餾出酒精的實驗中，加入 2g 的酒化酶產生出的酒精濃度較 1g 高，表示在橘子汁時，酒化酶越多產生出的酒精濃度越高。由這兩種水果中我們發現，酒化酶的多寡對於不同的水果會有不同的影響，而蘋果汁產生出的酒精濃度較橘子高，因此蘋果汁相較於橘子汁可能是較適合產生出酒精的材料。

	開始滴出後 1 mins.				- 蒸餾出-滿就測 ↓ ← 冷凝管口		
Orange3 + 酒化酶 1g	3	3	3	3	3	3	4
Orange3 + 酒化酶 2g	14	13	13	13	13	6	6
apple + 酒化酶 1g	37	35	33	28	24	30	25
apple + 酒化酶 2g	16	16	16	16	15	19	9

圖九 橘子、蘋果添加不同克數的酒化酶，酒度計測量之結果

(二) 不同果糖濃度實驗紀錄

在果糖的實驗中，我們先將果糖按照不同濃度分裝成六小杯，再分別加入酒化酶 1g 和 2g，一個星期後再利用酒度計測試酒精濃度，其實驗結果如圖十所示。根據測出來的酒精濃度，我們發現要利用果糖發酵蒸餾出酒精是可行的，在果糖 15% 和 20% 中，添加酒化酶 2g 的酒精濃度測出來都比酒化酶 1g 的濃度來得高，但是在果糖 10% 中，添加酒化酶 2g 的酒精濃度測出來並沒有比酒化酶 1g 的濃度來得高，我們推論這可能是因為我們的酒化酶放太久了，所以比較沒有效果，相對來說比較不準確。由果糖實驗中我們發現，酒化酶的多寡對於不同濃度的果糖可能有不同的影響，而果糖 20% 且添加酒化酶 2g 產生出的酒精濃度較其餘濃度的果糖高，因此果糖 20% 並添加酒化酶 2g 可能是較適合產生出酒精的材料。

實驗結果	- 蒸餾出-滿就測 ↓ ← 冷凝管口						
果糖 10% + 酒化酶 1g	22	21	21	22	21.5	X	X
果糖 10% + 酒化酶 2g	9	9	10	10	10	X	X
果糖 15% + 酒化酶 1g	18	18	18	18.5	18	31.27	X
果糖 15% + 酒化酶 2g	42	44	43	43	43	58 52 48	24
果糖 20% + 酒化酶 1g	15	16	16	16	16	28 8	6
果糖 20% + 酒化酶 2g	40	40	41	41	42	55 50	21

圖十 不同濃度果糖添加不同克數的酒化酶，酒度計測量之結果

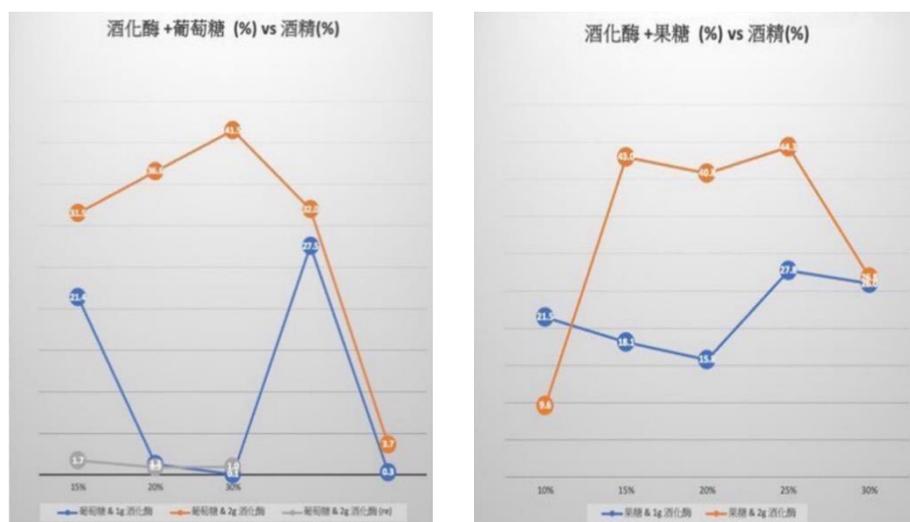
(三) 不同葡萄糖濃度實驗紀錄

在葡萄糖的實驗中，我們將酒精按不同濃度分裝成八杯，分別加入酒化酶 1g 和 2g，一個星期後再利用酒度計測試酒精濃度，其實驗結果如圖十一所示。根據測出來的酒精濃度，我們發現要利用葡萄糖發酵蒸餾出酒精是成功的，根據數據在葡萄糖 15%、20%、25% 和 30% 中，酒化酶 2g 的酒精濃度測出來均比添加酒化酶 1g 的濃度來得高，但是在葡萄糖 15% 中，加入酒化酶 2g 的酒精濃度測出來的數據跟酒化酶 1g 的濃度差很大，我們推測是因為之前蒸餾實驗做完，沒有馬上拿酒度計來測，所以導致數據相對來說較不準確。葡萄糖實驗中我們發現，酒化酶的多寡對於不同濃度的葡萄糖有不同的影響，而葡萄糖 20% 且添加酒化酶 2g 產生出的酒精濃度最高，因此葡萄糖 20% 並添加酒化酶 2g 可能是較適合產生出酒精的材料。

$C_6H_{12}O_6$ 15% + 酒化酶 1g	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5
$C_6H_{12}O_6$ 15% + 酒化酶 2g	37	37	36.8	36	36
$C_6H_{12}O_6$ 20% + 酒化酶 1g	4	3.5	4	3.8	4
$C_6H_{12}O_6$ 20% + 酒化酶 2g	40	43	42	41	41.5
$C_6H_{12}O_6$ 25% + 酒化酶 1g	28	28	27.5	27	27.2
$C_6H_{12}O_6$ 25% + 酒化酶 2g	32	32	32	32	31.8
$C_6H_{12}O_6$ 30% + 酒化酶 1g	0.5	1	1	0.8	1
$C_6H_{12}O_6$ 30% + 酒化酶 2g	4	4	3.8	3.5	3

圖十一 不同濃度果糖添加不同克數的酒化酶，酒度計測量之結果

為了更輕易看出本實驗的結果，我們將酒度計得出的數值畫成折線圖進行分析，如圖十二所示。



圖十二 不同濃度葡萄糖、果糖經 1 克、2 克酒化酶發酵後蒸餾，酒度計測量之結果

由實驗結果可得以下結果：

- 1.在葡萄糖液發酵時加入 2 克的酒化酶發酵所產生的酒精濃度皆高於加入 1 克酒化酶發酵後產生的酒精濃度，且在 2 克的葡萄糖液時，酒精濃度和葡萄糖濃度呈線性關係，在加入 3 克的葡萄糖時越多的葡萄糖量產生的酒精濃度越高，但是在加入 1 克的酒化酶時，越多的葡萄糖量反而會使酒精濃度變低，因此我們推論對於葡萄糖液來說 1 克的酒化酶可能不足以使較高濃度的葡萄糖液完全發酵，因此產生的酒精濃度反而較低。
- 2.探討不同果糖濃度和酒化酶添加量對酒精濃度的影響，我們選擇用 10、15、20、25、30(%) 六種果糖濃度分別對 1 克及 2 克酒化酶來比較產生的酒精濃度，這次選擇做更多的濃度是希望有更多的數據可以看出較明顯的線性關係。我們發現 10、15、20(%) 果糖對 1 克的酒化酶時是呈現下降的趨勢，濃度越高的果糖在此時反而產生較低的酒精濃度，但是 25%時酒精濃度又再度上升到接近 30%，在 30%果糖濃度時又降低了一些，由此結果我們推斷較高的果糖濃度還是會比較低的果糖濃度產生的酒精濃度高，因為以 25%和 30%的果糖來看還是較 10%的高，而 15%、20%可能是因為實驗的誤差。在 2 克酒化酶對不同果糖濃度的部分，我們發現 15%、20%、30%的濃度都較 1 克酒化酶 15%、20%、30%時高，這也符合我們在之前的實驗時所做的假設，我們推論越多的酒化酶可以產生較高的酒精濃度。

五、結論與生活應用

實驗結果得知，我們發現葡萄糖 20%酒化酶 2g 對於酒精發酵的效果最佳，然後發現溫度要保持在 25~30 度之間，酵母菌的活性會最大，並且有沉澱的情況下，必須要先攪拌均勻數據才會更準確，我們也發現加入的酒化酶量在 1g 和 2g 的比較下 2g 的酒化酶可以產生較高的酒精濃度，因此我們在未來發展上可以再研究加入更多的酒化酶是否可在產生更多的酒精濃度。我們可以把這個實驗簡化來讓一般家庭在家裡用隨手可得的材料，像是葡萄糖、果糖、橘子汁...等自行製造酒精，一起度過這個令人困擾的疫情。我們覺得可以讓一般家庭擁有簡易的蒸餾裝置，可以用在便利商店都能買到的果糖等醣類，來自行在家裡製造低成本的酒精。

參考資料

- 1.中華民國第 57 屆中小學科學展覽會國小組生活與應用科學科「學校剩飯的妙用—酒精發酵之探討與應用」
- 2.高瞻一班專題研究報告—壺美「酒」博君—「酵」探討不同的葡萄糖液濃度和酵母菌對發酵產率的影響
- 3.臺北市第 48 屆中小學科學展覽會 國小組 化學科「起"酵"的吐司超人」
- 4.酒精發酵背後的科學原理
- 5.我自橫罐七天酵，去留酒氣兩崑 ~ 探討酒精發酵之最佳條件
- 6.影響酵母菌酒精發酵產生二氧化碳效率之探討
- 7.酵母菌什麼時候才會進行酒精醱酵？