

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030202

臺北縣立崇林國民中學

指導老師姓名

吳珊儀

林淑娟

作者姓名

呂宜樺

沈澤臻

董文婷

吳敏瑜

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

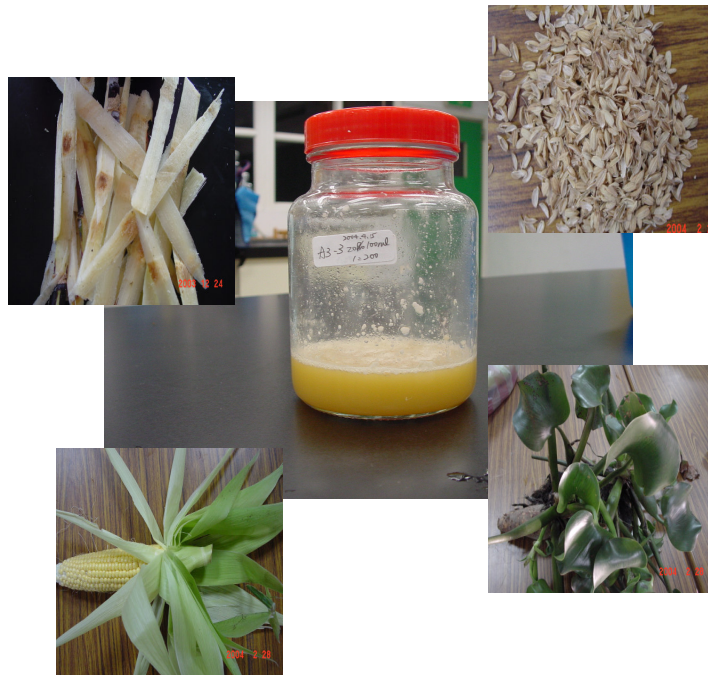
作品說明書

科別：化學科

組別：國民中學組

作品名稱：垃圾變黃金

關鍵詞：酒精、麴菌、能源



編號：

壹、摘要

地球上的能源日趨銳減，人類所製造出的垃圾遠多過於能使用的能源。能否將這些垃圾轉變成可以使用的能源是我們想探討的問題。工業革命後，全球慢慢由農業社會轉型成為工商業社會。工廠需要像石油這種可以產生動力的能源，人類需要依賴天然氣或瓦斯來烹調食物、燒開水...等。但是這些能源並不是用之不盡，取之不竭的。所以我們想製造一種既可以減少垃圾量，使用後又沒有污染的能源。希望達到環保與再生的目的。

為了尋找這種能源，我們詢問過老師，也查過資料。我們發現「酒精」是一種燃燒後只會產生 CO_2 跟 H_2O 的產物的能源，比起其他能源使用後的產物還要來的乾淨，環保許多。

「酒精」要如何製造呢？這學期自然課中，我們學了「有機化合物」。有機化合物中的「乙醇」也就是酒精，可以利用葡萄糖加酵母菌發酵製成。哪些材料可以做為我們這次實驗的材料呢？我們在街道、農莊、水塘與家中看到許多的垃圾，它們都是碳水化合物；像阿公家種的稻子，收成後不要的稻殼、路邊攤賣甘蔗的小販削掉的甘蔗皮、廚房已經發了芽的甘藷、菜市場菜販丟掉的玉米苞、水塘裡處處可見的布袋蓮以及椰子殼內的椰子肉，都是我們實驗的對象。

實驗中我們討論什麼樣的材料最適合製造酒精。並且探討影響酒精產量的因素如：麴菌量的多寡、葡萄糖的濃度、發酵環境的溫度、發酵環境的 pH 值。經過半年多的實驗研究後，發現選擇的材料中以甘蔗最佳。且配合最佳的發酵條件，可以製造出濃度 20 % 的酒精。我們真的把垃圾變成黃金了！

貳、研究動機

我們想要將垃圾轉變成有用的能源，但應該要如何做呢？記得國一的生物課學到植物可以利用光合作用吸收太陽能，使二氧化碳及水反應，製造出葡萄糖、水及氧氣。葡萄糖是植物的養分來源，也可以算是一種能源。國二的時候，接觸的層面更深，我們學到了「有機化合物」與「食品科學」。有機化合物裡這單元有一節是「醇類」的介紹，醇類可以利用葡萄糖與酵母菌發酵製得，有工業用途，也可做為餐桌佐料。食品科學這單元中學到醣類在日常生活中有很多分身如：甘藷、玉米苞、稻穀……等。這些都在在都告訴我們，其實日常生活中就有許多的材料可以轉變成為能源。如果能利用這些有機化合物衍生的週邊的垃圾來當作製造酒精的原料，是不是更符合經濟效益呢？如果我們可以將垃圾轉變成為能源，既可以減少地球垃圾量，又可以使地球上的能源不斷的再生，使生命能延續下去。

參、實驗目的

- 一、經由實驗尋找出適當的垃圾來製造酒精。
- 二、探討發酵完全需要的時間。
- 三、探討不同的葡萄糖濃度對產物（酒精濃度）的影響。
- 四、探討不同的麴菌量對產物（酒精濃度）的影響。
- 五、探討不同的溫度對產物（酒精濃度）的影響。
- 六、探討不同酸鹼環境對產物（酒精濃度）的影響。

肆、研究設備及器材

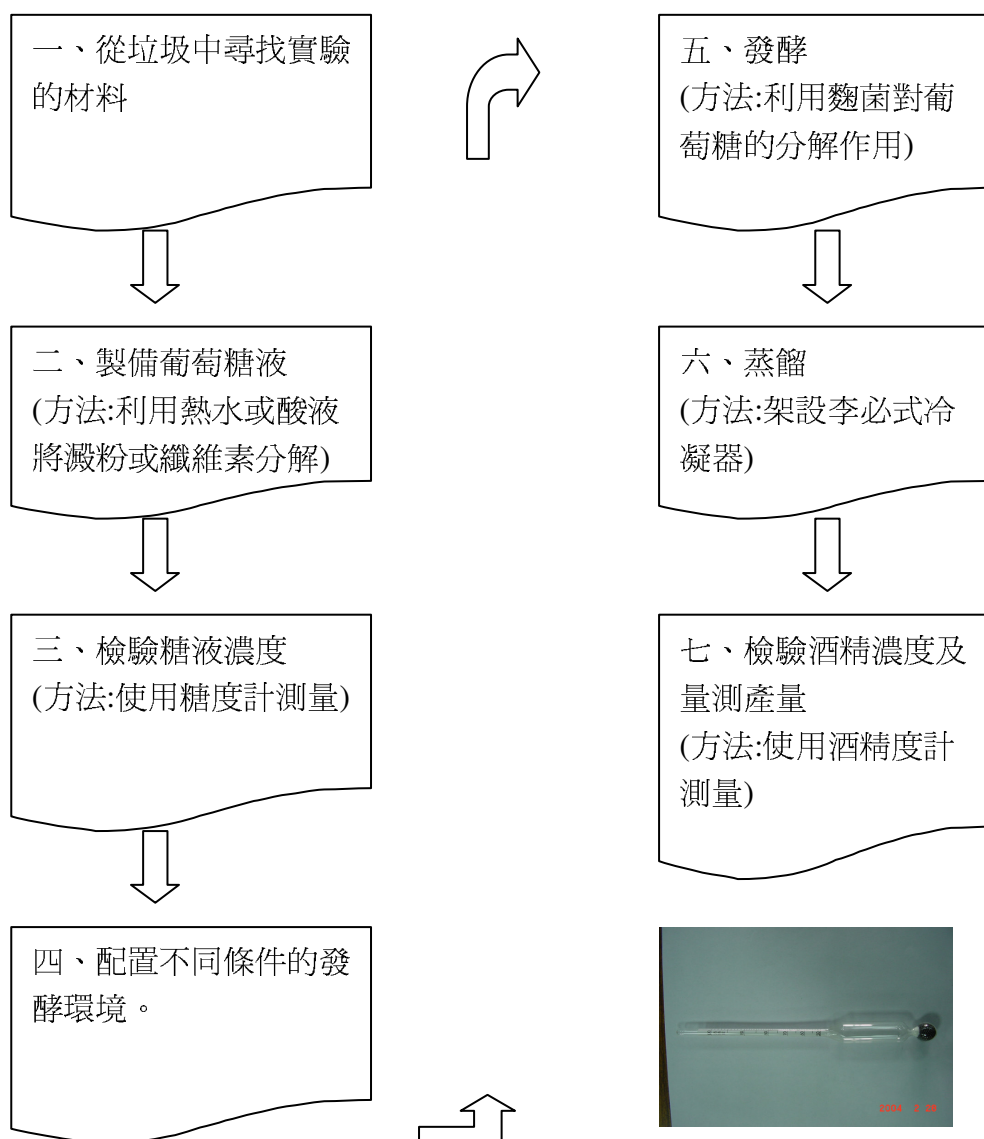
一、研究材料：稻殼、布袋蓮、甘藷、甘蔗、玉米苞、椰子肉、糖蜜麴。

二、實驗藥品：鹽酸、碳酸鈉、甘油。

三、實驗器材：

圓底燒瓶、冷凝管、錐形瓶、橡膠管、鍋子、燒杯、廣用試紙、鑷子、滴管、鐵架、溫度計、軟木塞、玻璃棒、濾紙、量筒、漏斗、刮勺、鋁箔紙、滴定管、本氏液、試管、試管架、電磁爐、磅秤、果汁機、紗布、陶瓷纖維網、酒精燈、三角架、糖度計、酒精度計、試管夾、測量紙、天平。

伍、研究過程及方法



陸、研究結果



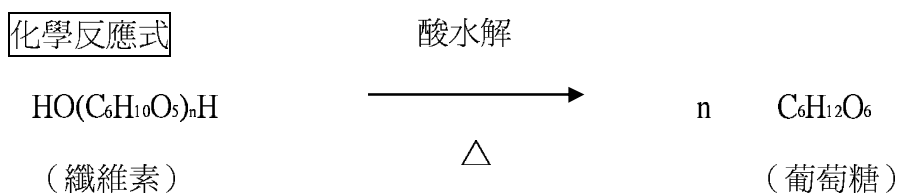
一、實驗材料: 稻殼

(一)實驗步驟:

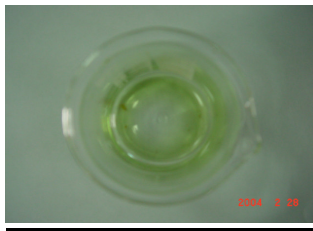

1. 【製備糖液】

以熱水及熱稀鹽酸液煮沸稻殼。將稻殼中的纖維素，水解為葡萄糖。

使用稀鹽酸烹煮稻殼後，使用碳酸鈉中和，經本氏液檢驗其成份為葡萄糖。(表一)



表一、稻殼在水與酸液中的分解反應

原料	溶液	煮沸時間	糖度	本氏液	本氏液檢驗圖片
稻殼 50g	100°C 的 H ₂ O、 800 mL	30 分鐘	0%	綠色	
稻殼 50g	1%100°C HCl、 800 mL	30 分鐘	3%	橙色	

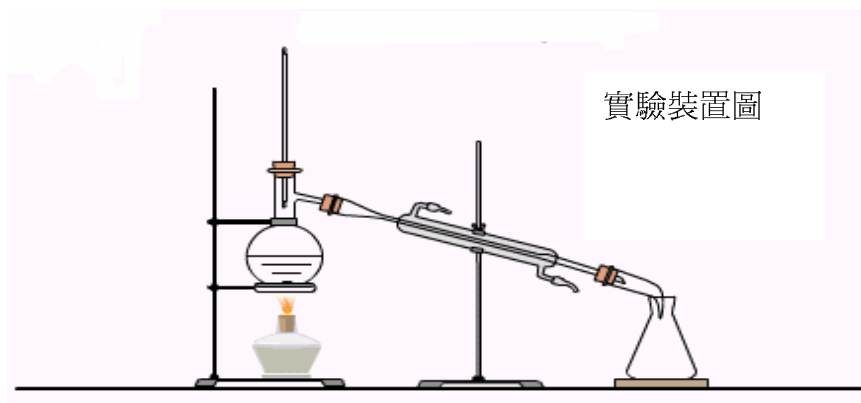
2. 【發酵】

將葡萄糖液分別加入不同比例的糖蜜麴使其發酵。將發酵筒放置在陰暗處(室溫大約 15-20°C)，放置 10 天、15 天後再觀察。

放置 10 天後發現發酵筒中有氣泡產生，使用廣用試紙檢驗，發現試紙呈紅橙色(溶液變酸)。放 15 天後，發酵筒中已無氣泡產生，使用廣用試紙檢驗其溶液仍為酸性。(表二)

3・【蒸餾】

架設李必式冷凝器來蒸餾，酒精的沸點為 78°C ，當我們把溫度控制在 78°C ，等待了 10 分鐘後，並無產物凝結出來，所以我們升高蒸餾的溫度約到 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ 時有透明無色的液體產生。最後我們用酒精度計量測蒸餾出來的液體，結果如表二。



表二、稻殼中所蒸煮出來的葡萄糖液其發酵作用

葡萄糖液	糖度	糖蜜麴	發酵前	發酵 10 天後		發酵 15 天後	
			pH	pH	酒精度	pH	酒精度
400mL	3%	0.5g	7	4~5	0%	4~5	0%
400mL	3%	1g	7	4~5	0%	4~5	0%

(二)【研究與討論】

1・使用水或稀鹽酸是否可以讓稻殼中的纖維素變為葡萄糖呢？

從表一的實驗結果中，我們可以知道熱水無法分解稻殼的纖維素。

稻殼需要經過酸解才可分解成葡萄糖。

2・從表二的實驗結果中發現，蒸餾後的產物經酒精度計檢驗，沒有酒精產生。

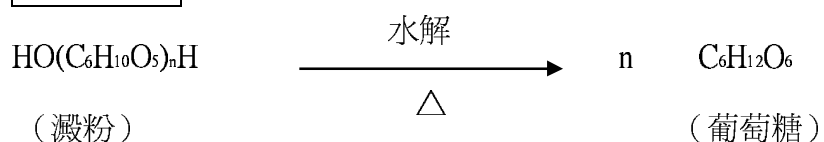
二、實驗材料: 玉米苞

(一)實驗步驟:

1. 【原料製備】

用熱水烹煮玉米苞，煮沸後檢測溶液成份為葡萄糖。(表三)

化學反應式:



表三、玉米苞在沸水中的分解反應

原料	溶液	煮沸時間	本氏液	糖度
玉米苞 50g	100°C H ₂ O、800mL	30 分鐘	橙色	1%
玉米苞 50g	100°C H ₂ O、800 mL	60 分鐘	橙色	2%-3%

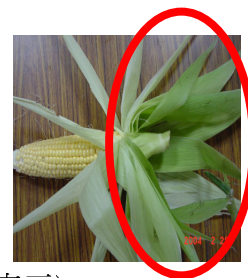
2. 【發酵】

將葡萄糖液分別加入不同比例的糖蜜麴使其發酵。將發酵筒放置在陰暗處(室溫大約 15~20°C) 放置 3 天、5 天後再觀察。

放置 3 天後發現發酵筒中有氣泡產生並有些許的酒味，使用廣用試紙檢驗，發現試紙呈紅橙色(溶液變酸)。放置 5 天後，發酵筒中仍有氣泡且氣味更濃了，使用廣用試紙檢驗其溶液仍為酸性。(表四)

3. 【蒸餾】

架設李必式冷凝器來蒸餾，酒精的沸點為 78°C，當我們把溫度控制在 78°C，等待了 10 分鐘後並無產物凝結出來，所以我們升高蒸餾的溫度約到 90~100°C 時，有透明無色的液體產生。最後我們用酒精度計量測蒸餾出來的液體，結果如表四。



表四、玉米苞所得的葡萄糖液其發酵作用

葡萄糖液	糖度	糖蜜麴	發酵前	發酵 3 天後		發酵 5 天後	
			pH	pH	酒精度	pH	酒精度
400mL	2%-3%	0.5g	7	4~5	0%	4~5	0%

(二)研究與討論

1. 從表三中可以發現，使用熱水分解玉米苞所得到的葡萄糖液濃度太低，雖然增加水解的時間可以增加糖的濃度，但是效果有限。
2. 從表四的實驗結果中發現，蒸餾後的產物經酒精度計檢驗，酒精度為 0%。雖然感覺有酒的氣味，但是蒸餾所得的液體經酒精度計檢測並無酒精產生。可能是使用的糖液濃度過低，所得的產物也很少，不容易觀察。

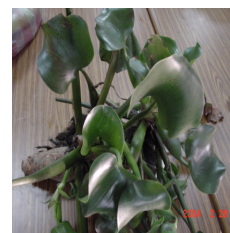
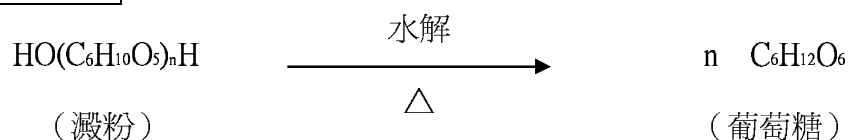
三、實驗材料: 布袋蓮

(一)實驗步驟:


1 ·【原料製備】

以熱水烹煮布袋蓮，使布袋蓮中的澱粉水解為葡萄糖。(表五)

化學反應式:



表五、布袋蓮在沸水中的分解反應

原料	溶液	煮沸時間	糖度	本氏液檢驗照片
布袋蓮 50g	100°C H ₂ O、800mL	30 分鐘	0%	

2 ·【發酵】

將葡萄糖液加入糖蜜麴使其發酵。將發酵筒放置在陰暗處(室溫大約 15~20 °C) 放置 10 天後再觀察。

(二) 研究與討論

放置 10 天後發現發酵筒中有氣泡但氣味很難聞，並且發霉了。布袋蓮可能已經酸敗，所以宣告布袋蓮失敗。

四、實驗材料: 甘藷

(一) 實驗步驟:

1. 【原料製備】

甘藷是碳水化合物，含有豐富的澱粉，且地瓜煮熟後會有些許的甜味。因此我們決定嘗試看看！用熱水烹煮甘藷，煮沸後使用本氏液檢測溶液成份為葡萄糖。(表六)



化學反應式



表六、甘藷在沸水中的分解反應

原料	溶液	煮沸時間	本氏液	糖度
甘藷 50g	100°C H ₂ O、800mL	30 分鐘	橙色	3%

2. 【發酵】【蒸餾】

將葡萄糖液分別加入不同比例的糖蜜麴使其發酵。將發酵筒放置在陰暗處(室溫大約 15~20°C) 放置 6 天後再觀察。

表七、甘藷中所得的葡萄糖液其發酵作用

甘藷糖液	糖度	麴菌	發酵前	發酵 6 天後	
			pH	pH	酒精度
800mL	3%	糖蜜 0.5g	7	4~5	0%

(二) 研究與討論

從表七的數據中發現，蒸餾後的產物並沒有酒精的產生，雖然感覺有酒的氣味，但是蒸餾所得的液體經酒精度計檢測並無酒精的產生。可能是使用的糖液濃度過低，所得的產物很少，不容易觀察。

五、實驗材料：椰子肉

（一）實驗步驟

1 ·【原料配置】

將椰子肉加入少許的水再用果汁機打碎。

2 ·【發酵】

加入適量的糖蜜麴加以發酵 6 天。

（二）研究與討論

因為椰子肉打成汁後，釋出類似椰子油的液體。由於過於濃稠無法測量其糖度，便無法算出其與麴菌的比例。所以我們秤 0.5 克重的糖蜜麴使其發酵，但是放置 6 天後再打開發酵筒，發現已經酸敗。所以宣告椰子肉失敗。

六、實驗材料: 甘蔗

(一) 實驗步驟:

1. 【原料製備:】

(1)使用回收的甘蔗皮，挑選出白色的部份，加少許的水再用果汁機打碎，讓其糖份釋出。

(2)將甘蔗汁加熱、過濾、並濃縮為 10%、20%、30%的糖液。

表八、甘蔗中所得的糖液其發酵作用。

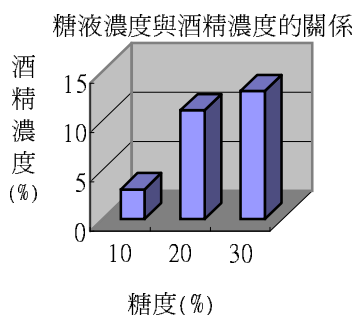
糖液	糖度	糖蜜麴：糖液	發酵前	發酵 6 天後		
			pH	pH	酒精度	產量
400mL	10%	1:10	4~5	2	3%	400mL
400mL	20%	1:10	4~5	2	11%	200mL
400mL	30%	1:10	4~5	3	13%	100mL

2. 【發酵】

葡萄糖液分別加入不同比例的糖蜜麴使其發酵。將發酵筒放置在陰暗處(室溫大約 15~20℃)放置 6 天後觀察。放置 6 天後發現發酵筒中有氣泡產生，使用廣用試紙檢驗，發現試紙呈紅色(溶液變酸)。

3. 【蒸餾】

架設李必式冷凝器來蒸餾，酒精的沸點為 78℃，當我們把溫度控制在 78℃，等待了 10 分鐘後並無產物凝結出來，所以我們升高蒸餾的溫度約到 90-100℃時有透明無色的液體產生。最後我們用酒精度計量測蒸餾出來的液體，結果如表八。



圖一、蔗糖濃度與酒精濃度的關係

柒、討論

一、不同 pH 值的發酵環境對產物(酒精濃度)的影響。

經由實驗我們發現發酵前的糖液呈鹼性時，無法製造出酒精，原因可能是因為麴菌在鹼性溶液中不易於生長，所以無法產生分解作用。(表九)

表九、不同 pH 值的發酵環境對酒精濃度的影響

糖液	糖度	糖蜜麴：糖	發酵前	發酵 6 天後		
			pH	pH	酒精度	產量
100mL	20%	1:50	3~4	2	12%	82mL
100mL	20%	1:50	7~8	1	0%	50mL
100mL	20%	1:50	10~11	2	0%	81mL

二、不同的麴菌比對產物（酒精濃度）的影響。

經由實驗我們發現 D 組的麴菌量只有 C 組的 1/2 倍，但是製得的酒精濃度反而越高；又觀察 A 組與 B 組的實驗結果；即使加入 5 倍的麴菌，製造出的酒精卻和加入 1 倍的麴菌所產生的酒精濃度差不多。從表十的數據中發現，1:200 的麴菌量較少，但是所製造出的酒精濃度反而越高。為什麼會有這樣的結果呢？所以我們決定再做一次實驗，確定是否為實驗誤差所導致。經過第二次的實驗確認，從表十一的數據中可以發現糖蜜麴：糖=1:200 這一組的發酵筒，所產生的酒精濃度仍然比 1:50、1:100 這兩組要來得高。由此可知，放置過量的麴菌，不但會造成浪費，所獲得的酒精濃度也較低。

表十、不同麴菌比對酒精濃度的影響

實驗組別	糖液	糖度	糖蜜麴：糖	發酵前	發酵 6 天後		
				pH	pH	酒精度	產量
A	100mL	20%	1:10	4~5	2	11%	50mL
B	100mL	20%	1:50	4~5	1	10%	65mL
C	100mL	20%	1:100	4~5	1	9%	73mL
D	100mL	20%	1:200	4~5	1	15%	70mL
E	100mL	20%	1:400	4~5	1	7%	72mL

表十一、二次確認麴菌比

實驗組別	糖液	糖度	糖蜜麴：糖	發酵前	發酵 6 天後		
				pH	pH	酒精度	產量
A	100mL	20%	1:50	4~5	2	22%	74mL
B	100mL	20%	1:100	4~5	1	21%	82mL
C	100mL	20%	1:200	4~5	1	24%	84mL

三、不同的發酵溫度對產物（酒精濃度）的影響。

經由實驗我們發現發酵的溫度越高所產生的酒精濃度越高，雖然實驗中的高溫組因為設備不足無法操作，但從我們這半年來的實驗中觀察發現，當寒流來襲時，在相同的變因下所產生的酒精濃度會比平日的室溫（20~25℃）所產生的酒精濃度來的低許多。（表十二）

表十二、不同的發酵溫度對酒精濃度的影響

糖度	糖蜜麴：糖	發酵日期	溫度	酒精度	酒精產量
20%	1:50	1/27~2/1	10~13℃	2%	77mL
20%	1:50	3/20~3/25	15~17℃	10%	65mL
20%	1:50	3/27~4/1	16~18℃	11%	80mL
20%	1:50	4/08~4/13	17~20℃	12%	82mL
20%	1:50	4/10~4/15	16~27℃	13%	79mL

四、發酵反應需要多少時間才能完全發酵完成？

放置六瓶 20%的甘蔗汁 100mL，糖蜜麴與糖比例為 1:50。放置於室溫，每天打開一瓶來測量糖度並紀錄。（表十三）

從表十的數據中發現:20%的糖液，六天即可完全反應完成。

表十三、蔗糖完全發酵所需時間

觀察天數	一天	二天	三天	四天	五天	六天
糖度	20%	11%	10%	4%	2%	0%

捌、結論

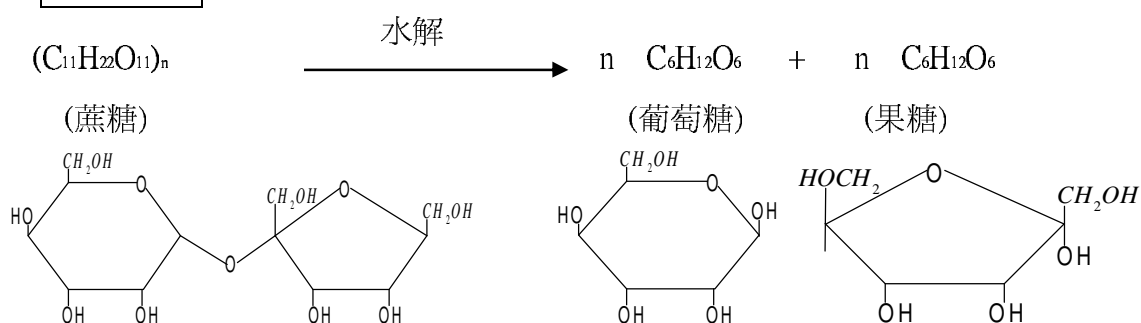
一、經由實驗我們發現，要將稻殼中的纖維素轉變成為葡萄糖，必須經過酸解處理。熱水無法分解纖維素。但我們只用熱水就可以將玉米苞、布袋蓮、甘藷中的澱粉轉變成為葡萄糖。這原因可能是因為纖維素的分子量比澱粉的分子量大，所以無法用熱水分解。

二、在相同的發酵環境下，糖度越高，所能製造出來的酒精濃度也越高。玉米苞、布袋蓮、甘藷分解得到的葡萄糖液濃度太低。而椰子肉因為無法測量其糖度，且釋出許多的油脂。所以這些材料並不適合用來製造酒精。

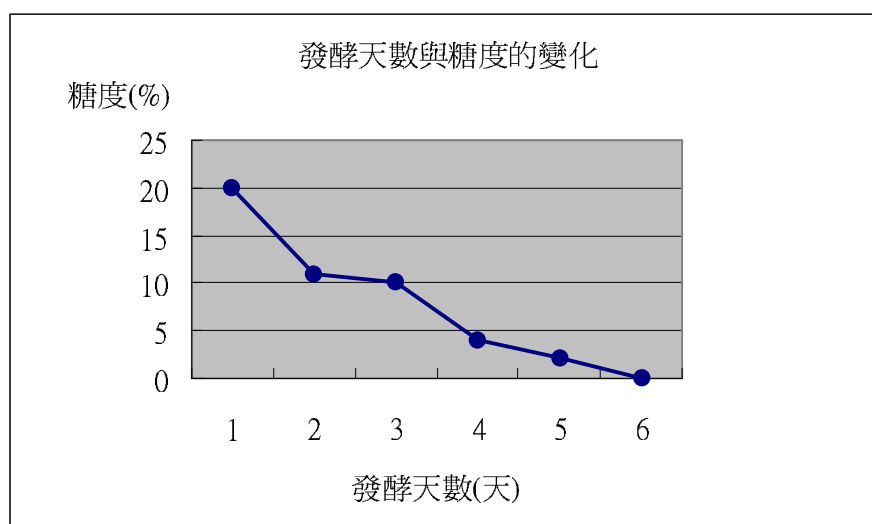
三、為什麼我們所使用的材料只有甘蔗可以做出較好的結果？

可能是因為蔗糖可以被分解成一個葡萄糖與一個果糖。其他的材料就只能被分解成葡萄糖，而果糖的甜度比葡萄糖高，所以製造出來的酒精濃度也較高。

化學反應式



四、20%蔗糖完全發酵所需時間約 6 天。由此可知，能源可以經由人工方法在短時間內製造出來。

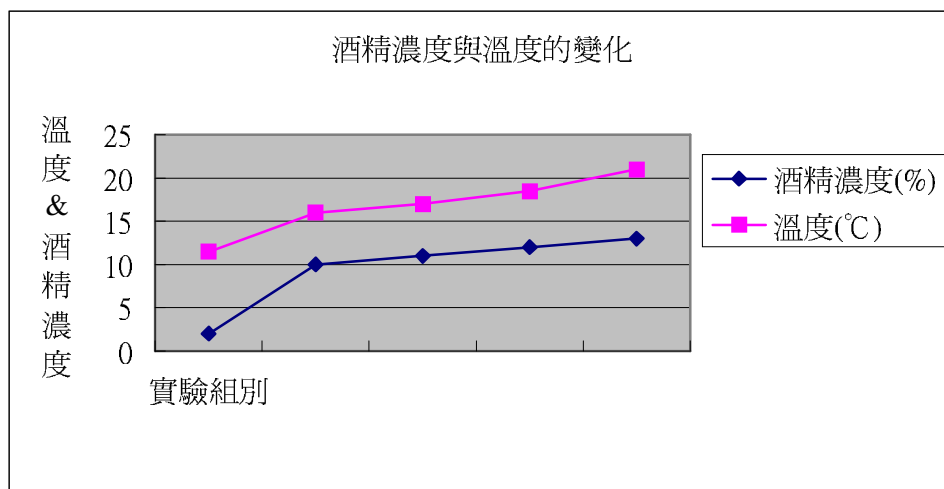


五、發酵時，觀察到有氣泡產生，這些氣泡可能是 CO_2 。而發酵後 pH 值降低可能是因為產生的 CO_2 溶於水形成碳酸 (H_2CO_3)。

六、實驗發現發酵前的糖液呈鹼性時，無法製造出酒精，原因可能是因為麴菌在鹼性溶液中不易於生長，所以無法產生分解作用。

七、實驗發現麴菌的添加量必須配合糖液的濃度，找出最適當的比例，才能製造出的較高濃度的酒精。以 20% 糖度為例，糖蜜麴與糖比例為 1:200 有最佳的結果。

八、實驗發現發酵時的溫度越高，所製造出的酒精濃度也越高。此原因可能是因為溫度越高，反應速率越快。



玖、參考資料及其他

- 一、作者：陳霽宇、陳霽心、陳文靚。國中自然與生活科技康軒 2 下、第四章食品與材料科學、康軒文教事業股份有限公司。民國 93 年 2 月初版。
- 二、作者：柯自強。飼料工業季刊第 43 期－利用玉米製造酒精，生物高分子和黃原膠、p3~p9。
- 三、綠色技術 e 報 27 期－[http：//www.etdc.org.tw](http://www.etdc.org.tw)。
- 四、作者：李鴻麟、夏滄琪。漿紙技術（1999）－以木質纖維素之生質能源製造酒精之探討、p25~34。
- 五、作者：劉君祖。Newton 牛頓雜誌 211 期:過度逐漸逼近的石油危機，無限能源社會來源、p88~109。

評 語

030202 國中組化學科

垃圾變黃金

所期望目的好，仍望增加了解的深度，以增加對變項控制的考慮深度。