

【2025 年 全國科學探究競賽】

高中(職)組 成果報告表

題目：我微糖，你呢？

一、摘要

本研究利用還原糖與銅離子在鹼性環境下加熱反應產生沉澱的特性。首先探討不同有機酸對本氏液測定果糖的影響，在相同濃度條件下比較蘋果酸與檸檬酸對本氏液反應靈敏度的差異。接著，測試果糖與不同本氏液的反應，篩選出沉澱較明顯的組合。再利用前者實驗結果，透過配置不同濃度的果糖水溶液、葡萄糖水溶液應用於市售蜂蜜進行實驗，以測量沉澱後溶於水的透光度，推估蜂蜜中果糖的真實含量。

二、探究題目與動機

蜂蜜是一種天然甜味劑，主要由果糖與葡萄糖組成，而果糖的含量影響著蜂蜜的風味與品質。然而，在測定果糖含量時，發現不同環境條件可能會影響本氏液的反應靈敏度，其中有機酸的干擾尤為明顯，也因此我們想探討不同有機酸對本氏液測定果糖靈敏度及蜂蜜中果糖含量的影響。

蜂蜜的果糖含量是品質評估的重要指標，然而現有測試方法可能存在準確度與靈敏度不足的問題。然而市售的蔗糖酶(Invertase)、葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase, GOD)、果糖脫氫酶(Fructose Dehydrogenase, FDH)等雖然有一樣的成效，但成本實在高於預算，因此本研究希望透過調整本氏液中的有機酸種類與濃度，提高其對果糖的測定靈敏度，進而發展出一種可用於蜂蜜果糖含量測定的簡單方法，提升檢測的準確性與可行性。

三、探究目的與假設

我們想先得知究竟是檸檬酸本氏液還是蘋果酸本氏液較為靈敏。再者，我們再一一調配果糖及葡萄糖水溶液的濃度，分別和含有不同濃度有機酸的蘋果酸本氏液以及檸檬酸本氏液反應，並讀取透光度繪製檢量線。最後我們將蜂蜜和本氏液進行反應，取得透光度後進而利用檢量線推算其中含有的果糖含量。

我們假設蘋果酸的靈敏度較高，且隨著果糖以及葡萄糖水溶液的濃度上升，其透光度會越低，因此檢量線約依指數型下降。

四、探究方法與實驗步驟

(一)不同有機酸對本氏液測定果糖的影響。

步驟一：配置兩種本氏液與果糖水溶液

1.配置本氏液

(1) 檸檬酸本氏液：

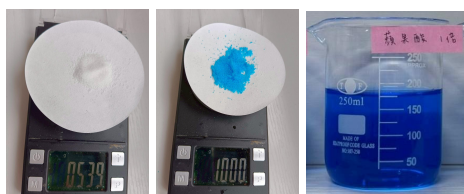
- 秤取2 mmol的檸檬酸，檸檬酸的分子量為192.124 g/mol，經換算可知需要0.76 g。
- 秤取2 mmol得硫酸銅，硫酸銅的分子量為249.684 g/mol，經換算可知需要1 g。
- 加入蒸餾水150 mL，放入磁石，開啟磁石攪拌器進行攪拌直到無固體殘留。
- 秤取適量氫氧化鉀，加入50 mL蒸餾水，配置氫氧化鉀水溶液。

- 用 pipette 將氫氧化鉀水溶液滴入燒杯漩渦中 pH5.8 以下每滴 2 mL , pH5.8 以上每滴 0.5 mL, 持續滴入直到pH值到10.1(每次滴入需等待pH計數字停止跳動才可再次滴入)
- 加入蒸餾水至燒杯200 mL刻度線, 即可得檸檬酸pH 10的硫酸銅試劑



(2) 蘋果酸本氏液:

- 秤取2 mmol的蘋果酸, 蘋果酸的分子量134.0874 g/mol, 經換算可知需要0.54 g。
- 秤取2mmol得硫酸銅, 硫酸銅的分子量為249.684 g/mol, 經換算可知需要1 g。
- 加入蒸餾水150 mL, 放入磁石, 開啟磁石攪拌器進行攪拌直到無固體殘留。
- 秤取適量氫氧化鉀, 加入50 mL蒸餾水, 配置氫氧化鉀水溶液。
- 用 pipette 將氫氧化鉀水溶液滴入燒杯漩渦中pH5.0以前每滴2 mL, pH5.0以後每滴0.5 mL, 持續滴入直到pH值到10.3(每次滴入需等待pH計數值停止跳動才可再次滴入)
- 加入蒸餾水至燒杯200 mL刻度線, 即可得蘋果酸 pH10 的硫酸銅試劑



2.配置0.25 M果糖水溶液

(1) 取20 mL水加上0.005 mole(0.9 g)果糖

步驟二: 兩者反應後並讀取數據

1.檸檬酸本氏液與蘋果酸本氏液加上0.25 M果糖水溶液進行反應

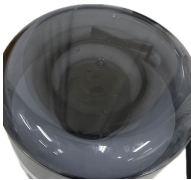
- 利用 pipette 吸取2 mL的0.25 M果糖水溶液再使用另一微量吸管尖吸取2 mL的檸檬酸本氏液於試管中混和
- 隔水加熱5 分鐘
- 將其使用離心機離心
- 離心後吸取澄清液, 再加入2 mL水與沉澱物混合
- 混和後的沉澱物水溶液再加入2 mL水置入分光管, 利用分光光度計取得透光度

(二)調配不同濃度的果糖、葡萄糖水溶液與有機酸本氏液反應, 測透光度繪製檢量線。

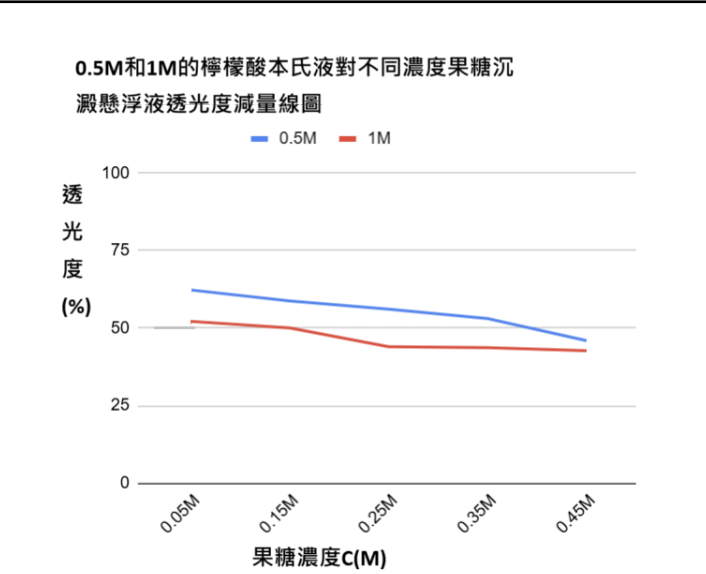
步驟一: 配置五種不同果糖水溶液與葡萄糖水溶液

1.分別配置0.05 M、0.15 M、0.25 M、0.35 M、0.45 M的果糖水溶液與葡萄糖水溶液

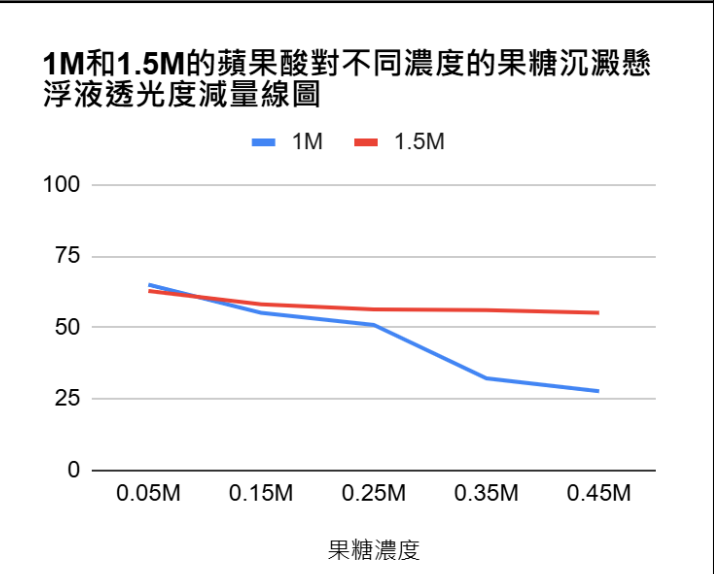
- 計算好每20 mL的水裡還原糖的莫耳數再乘以180 g即為所需糖量
- 將秤好糖量倒入試管中, 並加入20 mL的水

步驟二：配置含不同濃度有機酸檸檬酸本氏液與蘋果酸本氏液	1.配置含有我們原先配置的檸檬酸本氏液中，檸檬酸含量的0.5 倍與1 倍的檸檬酸本氏液 ● 準備前一實驗材料量測原檸檬酸含量的0.5 倍 ● 準備前一實驗材料量測原檸檬酸含量的1 倍 2.配置含有我們原先配置的蘋果酸本氏液中，蘋果酸含量的1 倍與0.5 倍的蘋果酸本氏液 ● 準備前一實驗材料量測原檸檬酸含量的1 倍 ● 準備前一實驗材料量測原檸檬酸含量的1.5 倍
步驟三：將五種濃度的醣類水溶液和含不同濃度有機酸本氏液反應	1.將各種濃度醣類水溶液和含不同濃度有機酸的本氏液混和 2.使其加熱5 分鐘以進行反應 3.放入離心機30 分鐘 4.將澄清液取出並將沉澱物溶於水 5.倒入分光管、放入分光光度計照光    
(三)測市售蜂蜜沉澱後溶液透光度，推估果糖含量。	
三種蜂蜜稀釋	1.將三種蜂蜜稀釋為20% ● 取2 g蜂蜜 ● 取8 g的水 ● 攪拌均勻 
加入本氏液加熱反應	1.熱水遇熱至沸騰 2.放上試管架加熱5 分鐘
取得數據	1.放入離心機30 分鐘 2.將澄清液取出 3.將沉澱物溶於水 4.倒入分光管、放入分光光度計照光
五、實驗結果討論與數據分析	

實驗一、不同有機酸對本氏液測定果糖的影響



【圖一】0.5M和1M的蘋果酸對不同濃度的果糖沉澱懸浮液透光度減量線圖



【圖二】1M和1.5M的蘋果酸對不同濃度的果糖沉澱懸浮液透光度減量線圖

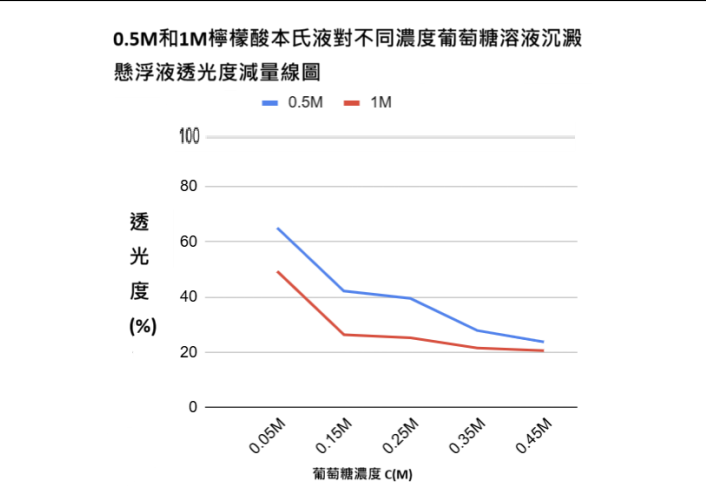
透光度(%)	0.05M	0.15M	0.25M	0.35M	0.45M
0.5	62.3	58.8	56.1	53.1	46
1	52.2	50.1	44	43.7	42.7

【表一】0.5M和1M檸檬酸本氏液對不同果糖透光度數據表(五組數據平均)

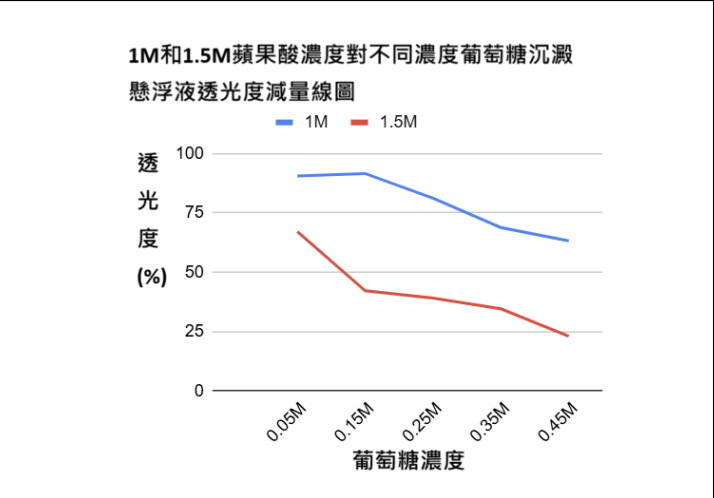
透光度(%)	0.05M	0.15M	0.25M	0.35M	0.45M
1	65	55.1	50.9	32.2	27.7
1.5	62.8	58.1	56.3	56.1	55.1

【表二】1M和1.5M檸檬酸本氏液對不同果糖透光度數據表(五組數據平均)

由【圖一】、【表一】可知果糖在0.5M的檸檬酸本氏液中整體透光度較高，而在1M檸檬酸本氏液中較低。沉澱量與透光度呈負相關，故果糖在0.5M的檸檬酸本氏液中沉澱較少，而在1M檸檬酸本氏液中較低沉澱較多。而在【圖二】、【表二】可以看到果糖在1M的蘋果酸本氏液中整體透光度較高，而在1.5M蘋果酸本氏液中較低。沉澱量與透光度呈負相關，故果糖在1M的蘋果酸本氏液中沉澱較少，而在1.5M蘋果酸本氏液中較低沉澱較多。而隨者果糖濃度增加，沉澱懸浮液的透光度下降，故當果糖的濃度越濃，沉澱越多。



【圖三】0.5M和1M的蘋果酸對不同濃度的果糖沉澱懸浮液透光度減量線圖



【圖四】1M和1.5M的蘋果酸對不同濃度的果糖沉澱懸浮液透光度減量線圖

透光度(%)	0.05M	0.15M	0.25M	0.35M	0.45M
0.5	65	42.2	39.5	27.9	23.8
1	49.3	26.4	25.3	21.6	20.6

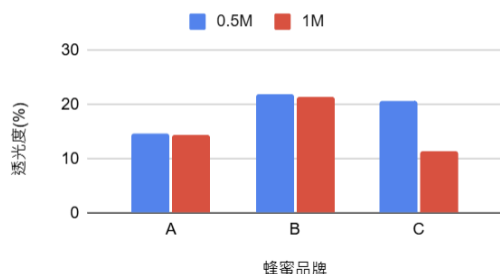
【表三】0.5M和1M檸檬酸本氏液對不同葡萄糖透光度數據表(五組數據平均)

透光度(%)	0.05M	0.15M	0.25M	0.35M	0.45M
1	90.5	91.5	81.1	68.8	63.2
1.5	67	42.2	39.1	34.6	23.1

【表四】1M和1.5M檸檬酸本氏液對不同葡萄糖透光度數據表(五組數據平均)

由【圖三】、【表三】可知葡萄糖在0.5M的檸檬酸本氏液中整體透光度較高，而在1M檸檬酸本氏液中較低。沉澱量與透光度呈負相關，故葡萄糖在0.5M的檸檬酸本氏液中沉澱較少，而在1M檸檬酸本氏液中較低沉澱較多。而在【圖四】、【表四】可以看到葡萄糖在1M的蘋果酸本氏液中整體透光度較高，而在1.5M蘋果酸本氏液中較低。沉澱量與透光度呈負相關，故葡萄糖在1M的蘋果酸本氏液中沉澱較少，而在1.5M蘋果酸本氏液中較低沉澱較多。而隨者葡萄糖濃度增加，沉澱懸浮液的透光度下降，故當葡萄糖的濃度越濃，沉澱越多。

ABC三種蜂蜜品牌在0.5M和1M的檸檬酸本氏液糖沉澱懸浮液透光度

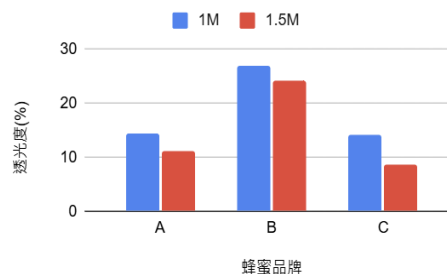


【圖五】0.5M和1M的蘋果酸對不同品牌蜂蜜沉澱懸浮液透光度比較圖

【表五】ABC三種蜂蜜品牌在0.5M和1M的檸檬酸本氏液糖沉澱懸浮液透光度

透光度	0.5M	1M
A	14.6	14.3
B	22	21.3
C	20.7	11.3

ABC三種蜂蜜品牌在1M和1.5M的蘋果酸本氏液糖沉澱懸浮液透光度



【圖六】1M和1.5M檸檬酸本氏液對不同品牌蜂蜜沉澱懸浮液透光度比較圖

【表六】ABC三種蜂蜜品牌在0.5M和1M的檸檬酸本氏液糖沉澱懸浮液透光度

透光度	1M	1.5M
A	14.4	11.2
B	26.9	24.1
C	14.2	8.6

由【圖五】【表五】可以得知在0.5M的檸檬酸本氏液中整體透光度較高，而在1M檸檬酸本氏液中較低。故葡萄糖在0.5M的檸檬酸本氏液中沉澱較少，而在1M檸檬酸本氏液中較低沉澱較多。【圖六】、【表六】中，ABC三種品牌蜂蜜在1M的蘋果酸本氏液中整體透光度較高，而在1.5M蘋果酸本氏液中較低。在0.5M檸檬酸本氏液中，不同品牌透光度多寡由多到少排列為「B牌蜂蜜 > C牌蜂蜜 > A牌蜂蜜」，在1M檸檬酸本氏液中則是：「B牌蜂蜜 > A牌蜂蜜 > C牌蜂蜜」。

而在蘋果酸本氏液中，整體而言，不同品牌透光度多寡由多到少排列如下：「B牌蜂蜜 > A牌蜂蜜 > C牌蜂蜜」，其中A、C牌蜂蜜數據較為接近。

六、結論

結論一、

1. 果糖在**0.5M**檸檬酸與**1M**蘋果酸中透光度較高，表示沉澱較少；在**1M**檸檬酸與**1.5M**蘋果酸中則沉澱較多。
2. 葡萄糖亦呈相同趨勢：在**0.5M**檸檬酸與**1M**蘋果酸中透光度較高，沉澱較少；而在濃度較高條件下沉澱增加。
3. 隨著糖濃度上升，沉澱增加，導致懸浮液透光度下降

果糖與葡萄糖在不同濃度的檸檬酸與蘋果酸本氏液中，其沉澱量與溶液透光度呈負相關。

結論二、蜂蜜部分

1. 在**1M**蘋果酸本氏液中，三品牌蜂蜜透光度高於在**1.5M**中，表示低濃度下沉澱較少。
2. 在**0.5M**檸檬酸中，透光度由高至低依序為：**B > C > A**；在**1M**檸檬酸中則為：**B > A > C**。
3. 在蘋果酸中整體透光度排序為：**B > A > C** (AC數據相近)。

其中，**A**牌為荔枝蜜、**B**牌為龍眼蜜調味蜂蜜、**C**牌蜂蜜則強調為**pure honey** (純蜂蜜)。由色澤度可以看到**B**品牌蜂蜜看起來較**A**、**C**牌的蜂蜜澄清，而**A**、**C**牌的蜂蜜看起來較混濁。由透光度的數據可知**B**含糖量最少，**A**、**C**則分別為檸檬酸組本氏液和蘋果酸組本氏液的第一。推測蜂蜜純度最高者為**C**牌蜂蜜，第二高則為與**C**牌蜂蜜數據相近的**A**牌蜂蜜，**B**牌蜂蜜純度最低。而蜂蜜純度越高，其含糖量則越多，而根據蜂蜜的真實度，價錢上亦有差異，**A**牌(平均**0.66**新台幣/每毫升)**B**牌(平均**0.09**新台幣/每毫升)**C**牌(平均**0.73**新台幣/每毫升)，故純度越高的蜂蜜，價格則越高。

六、參考資料

曾尹涵、張碧貞(2010)。《色變—醣的真「本氏」》。第50屆全國中小學科學展覽會作品集。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/040207.pdf>

陳鈺婷(2021)。《以手持糖度計檢測包裝飲品含糖量及其與營養標示之比較》[碩士論文，中國醫藥大學營養學系]。臺灣博碩士論文知識加值系統。取自 <https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id%3D%22109CSMU5743001%22>

黃于甄、王品方、莊淳鈞(2020)。《果糖含量大揭密》。《第60屆全國中小學科學展覽會作品集》。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030208.pdf>

BYJU'S. (n.d.). *Benedict's Test – Principle, Preparation, Procedure, Observations*. Retrieved from <https://byjus.com/chemistry/benedicts-test/>

U.S. National Library of Medicine. (2017). *Determination of reducing sugars in soft drinks using Benedict's solution*. PubMed Central (PMC). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5598381/>