

2009 年第六屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --實驗試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

亞塞拜然的滋味



費加果 (Feijoa) (在它的母語中也稱做 feykhoa) 是非常有價值和健康的水果，主要在亞塞拜然的南方次主要區域中生長。費加果在大多數國家被當作裝飾植物，但是在亞塞拜然它被當作農業植物。費加果含有高達 6.9%的糖及胡蘿蔔素等等。在臨床的實驗上發現費加果和它的果汁非常有益於一些疾病的治療。

費加果被廣泛地使用在亞塞拜然的國家風味烹飪中。在亞塞拜然用費加果所做成的煮熟糖漬水果、果醬和糖果是很受歡迎的。亞塞拜然也是這種水果在世界市場的主要輸出國。

石榴是一種具有酸甜口味的新鮮水果。在一個果實中大約有 400 到 700 顆小的種子，每個種子是由一種半透明、光滑和淺紅色果肉所包覆，果實中由乳白色的薄膜將種子分隔成數個區塊。水果中 38%-63%是果汁。

在亞塞拜然有許多石榴花園，特別是 Goychay 地區，石榴是很受歡迎的。在世界上只有這個地區慶祝“石榴節”，在亞塞拜然約有 35 種石榴。本地有一種叫做“NarSharab”的酸醬，就是由石榴汁製成，在世界上很受歡迎。

第一部分：植物樣本過氧化酶 (peroxidase) 含量的檢測及 pH 值對酵素反應的影響

【引言】

複雜的生物化學反應在植物和動物的活細胞裡發生。這些反應過程被一種蛋白質物質—酵素所調節，酵素催化活細胞的生化反應。酵素加速反應速率，但是它自己本身卻不參加反應。酵素的檢測需要複雜，敏感和準確的實驗室。不過，與酵素有關的一些生化反應過程用肉眼就可以看見。第一部分實驗的目的是在檢測費加果 (feykhoa)，馬鈴薯 (potato) 和高麗菜 (cabbage) 內的過氧化酶 (Peroxidase) 表現。

過氧化酶是一種在大多數活組織中可發現的氧化酵素。過氧化酶在氧化反應中使用過氧化物。在沒有酵素時，有一些物質也緩慢被氧化，只是在有酵素存在時，生化反應的速度可以提高幾千倍。有些有機物，例如對苯二酚 (hydroquinone)，在氧化反應時會有不同的顏色的產物形成。

沒有顏色變化表示在樣品內沒有過氧化酶酵素。任何立即性 (10-40 秒) 的顏色改變表示酵素正在作用。顏色的深淺，顯示酵素的活性高低。

號碼的顏色

1- Brown (褐色), 2- Pink (粉紅色), 3- Orange (橘色), 4- red (紅色),
5 -green (綠色), 6 -Blue (藍色), 7-No colour change (沒有顏色變化)

實驗 I：過氧化酶檢測

需要設備	數量	需要設備	數量
試管架	1	試管	8
塑膠洗瓶 500 ml	1	燒杯	5
量筒 100 ml	1	附有許多小尖管 (tips) 的自動吸量管	1
刮杓	1	吸水紙	1 盒
水浴器	1	定時器	1
油性筆	1	垃圾罐	1

需要的化學藥品	數量	需要的化學藥品	數量
3%的過氧化氫 (hydrogen peroxide) 溶液	100 mL	費加果 (Feykhoa) 汁	200 mL
對苯二酚 (Hydroquinone)	5 g	馬鈴薯 (Potato) 汁	200 mL
蒸餾水 (Distilled water)	500 mL	高麗菜 (Cabbage) 汁	200 mL

將水浴器插上電並開啟—確保它加熱到沸點

【稀釋的步驟】

1. 分別取各種蔬菜汁或果汁 (費加果、馬鈴薯及高麗菜) 10 ml，利用自動吸量器將其分別倒進個別的燒杯中。(參考附錄 1 的自動吸量器的使用指導)
2. 使用量筒，加水 40mL 到高麗菜汁，使其稀釋 5 倍
3. 使用量筒，加水 40mL 到馬鈴薯汁，使其稀釋 5 倍
4. 使用量筒，加水 40mL 到費加果汁，使其稀釋 5 倍
5. 如果需要更多的蒸餾水，可以向實驗室助理要求
6. 取 8 根乾淨試管，在試管上標示如下圖右側兩欄所示，並依照順序排列在試管架上

Feykhoa (F)	1F	2F
Potato (P)	1P	2P
Cabbage (C)	1C	2C
Control (W)	1W	2W

【過氧化酶檢測】

1. 調整自動吸量器到 1 mL
2. 分別各加 1 mL 稀釋後的費加果汁到第一列的兩支試管中
3. 分別各加 1 mL 稀釋後的馬鈴薯汁到第二列的兩支試管中
4. 分別各加 1 mL 稀釋後的高麗菜汁到第三列的兩支試管中
5. 分別各加 1 mL 水到第四列的兩支試管中
6. 保留稀釋的溶液在後面的實驗中會用到
7. 確定這些試管有根據上圖的正確標示
8. 把標示 2F, 2P, 2C 以及 2W 的試管放入沸騰的水浴器中 10 分鐘
9. 從水浴器取出這些試管，冷卻 10 分鐘，使其冷卻到約到達室溫。8 支試管各用刮勺加入少量對苯二酚（hydroquinone）
10. 記錄這些開始時的顏色
11. 在所有試管中分別加入 1 mL 的過氧化氫溶液，搖動每一支試管
12. 兩分鐘後記錄最後的顏色

【實驗 I 問題】(6.5 分)

- I -1 在答案卷的表格上，將顏色對應的數字填寫在適當的位置 (2.5 分)
- I -2 被檢測的蔬菜/水果中，哪些含有過氧化酶？ (1.5 分)
- I -3 在 15 分鐘之後，你有觀察到控制組試管任何的顏色變化？ (0.5 分)
- I -4 沸騰怎樣影響過氧化酶？ (1 分)
- I -5 如果稀釋的高麗菜汁只添加對苯二酚而不添加過氧化氫，顏色立即的改變如何？ (1 分)

實驗完成後，試管中的溶液使其流入垃圾罐中，沖洗所有試管，將其放入裝設備的盒中。

實驗 II：檢測酵素反應最適當的 pH

需要設備	數量	需要設備	數量
試管架	1	水浴器	1
油性筆	1	pH 計	1
試管	8	刮杓	1
塑膠洗瓶 500 ml	1	附有許多小尖管 (tips) 的自動吸量管	1
量筒 100 ml	1	吸水紙	1 盒

需要的化學藥品	數量	需要的化學藥品	數量
0.05 mol/L 鹽酸溶液(HCl)	350 mL	對苯二酚(Hydroquinone)	5 g
0.1 mol/L 氫氧化鈉溶液 (NaOH)	100 mL	緩衝液	1 塑膠罐
3%的過氧化氫 (hydrogen peroxide) 溶液	100 ml	從實驗 I 的稀釋高麗菜汁	

培養溶液中的 pH 對於酵素的反應扮演重要的角色，每一酵素有其最適當的 pH 範圍，此時酵素的反應速率最快。

【步驟：製備不同 pH 範圍的溶液以及其檢測】

目標是要確認高麗菜過氧化酶活性最大值的 pH 範圍

1. 標示 10 支試管從 1 到 10
2. 調整自動吸量器（用另一新的小尖管）到 4 mL，然後量 4 mL 稀釋過的高麗菜汁（你在實驗 I 已經製備好的）分別加到每 1 支試管中
3. 使用 HCl (0.05 M)、NaOH (0.1 M) 溶液依照下述步驟製造不同 pH 的溶液
 - 加 3 mL 0.05 M HCl 到 1st 試管中
 - 加 1.5 mL 0.05 M HCl 到 2nd 試管中
 - 加 0.75 mL 0.05 M HCl 到 3rd 試管中
 - 加 0.3 mL 0.05 M HCl 到 4th 試管中
 - 不加任何物到 5th 試管
 - 自動吸量管的小尖管更換一支新的，再繼續下列實驗
 - 加 0.2 mL 0.1M NaOH 溶液到 6th 試管中
 - 加 0.4 mL 0.1M NaOH 溶液到 7th 試管中
 - 加 1 mL 0.1 M NaOH 溶液到 8th 試管中
 - 加 2 mL 0.1 M NaOH 溶液到 9th 試管中
 - 加 3 mL 0.1 M NaOH 溶液到 10th 試管中
4. 檢查 pH 計（參考附錄 2 的 pH 計使用指導），測量及記錄所提供緩衝液的 pH 讀數
5. 使用 pH 計測量及記錄從 1 到 10 試管溶液的 pH 讀數，維持 pH 計在試管中，直到出現穩定的讀數，每次使用完都用蒸餾水沖洗 pH 計
6. 如同先前的實驗，用刮勺加少量的對苯二酚到每一支試管中，並搖晃

7. 記錄每一支試管的顏色變化
8. 調整自動吸量器到 1 mL 並使用另一新的小尖管，然後量 1 mL 過氧化氫分別加到每 1 支試管中
9. 兩分鐘後，記錄每一支試管的顏色變化

【實驗 II 問題】(7 分)

*注意：忽略不考慮試管中溶液總體積的變化

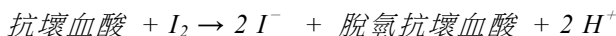
- II-1 在答案卷的表格上，記錄緩衝液的 pH 讀數，填寫記錄到的 1 到 10 試管中溶液的 pH 讀數。(3 分)
- II-2 確認過氧化酶作用最佳的 pH 值範圍。(2 分)
- II-3 確認哪一管過氧化酶活性最高。(1.5 分)
- II-4 根據實驗結果，預測下列物質中哪些會抑制過氧化酶的作用：草酸(oxalic acid)、氫氧化銨(ammonium hydroxide)、碳酸鈉(sodium carbonate)、醋酸(acetic acid)? (0.5 分)

第二部分：用滴定法測定高麗菜(cabbage)溶液中的維生素 C 濃度

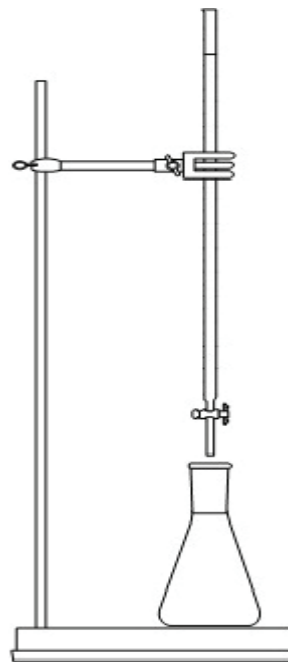
【引言】

本方法是用氧化－還原滴定法來測定一個溶液中維生素 C(分子式： $C_6H_8O_6$ ，分子量：176.2)的濃度。維生素 C 更適當的叫法是抗壞血酸(ascorbic acid)，它是一種人體所必需的抗氧化劑。

當碘酸根離子(IO_3^-) 加入含有碘離子(I^-)的酸性溶液中時，發生氧化－還原反應。碘酸根離子被還原形成碘，同時碘離子也被氧化形成碘。整合這兩個半反應式顯示出碘酸鹽與碘化物之間所發生的反應。這反應所產生的碘把抗壞血酸氧化成脫氫抗壞血酸(dehydroascorbic acid)，而碘則被還原成碘離子。



當溶液中一直有任何的抗壞血酸存在時，在此反應中所生成的碘會立即被它還原成碘化物。一旦所有的抗壞血酸都被氧化時，過量的碘會與澱粉指示劑反應，生成持久的深藍色澱粉-碘錯合物(starch-iodine complex)，這就是此滴定反應的終點(end point)。



實驗 III：維生素 C 的測定

所需要設備	數量	需要的化學藥品	數量
滴定管及管架	1	0.002 mol/L 碘酸鉀(KIO ₃)	100 mL
附有小尖管(tips)的自動吸量管	1	0.1 mol/L 碘化鉀(KI)	100 mL
錐形瓶 250 mL	1	0.05 mol/L 鹽酸(HCl)	350 mL
量筒 100 mL	1	0.5% 澱粉溶液	20 mL
		未經稀釋的高麗菜原汁	190 mL

【滴定程序】

1. 使用漏斗將 0.002 mol/L 碘酸鉀 (KIO₃) 溶液倒入滴定管中。
2. 吸取 30 mL 的高麗菜原汁(未經稀釋)加到 250 mL 錐形瓶中 (這支自動吸量管的最大容量為 5 mL，所以你可調整自動吸量管使其顯示為 5 mL，並用吸量管吸取 6 次以得到 30 mL 的樣品。你也可選用量筒來量取溶液的體積)。
3. 再加入 20 mL 的蒸餾水，30 mL 的 0.1 mol/L 碘化鉀，100 mL 的 0.05 mol/L 鹽酸(HCl)以及 1 mL 的澱粉指示劑溶液。記錄滴定管中 0.002 mol/L 碘酸鉀溶液的初始體積，並且用它來滴定此高麗菜樣品。小心輕搖錐形瓶，不要使瓶中溶液濺出。

首次有些許持久性的深藍色澱粉-碘錯合物出現時即為滴定的終點。記錄滴定管中溶液的最終體積。

4. 用其餘的高麗菜汁樣品溶液重複此滴定實驗直到你獲得一致的結果為止。
5. 如果需要更多的蒸餾水，可以向實驗室助理要求
6. 取 8 根乾淨試管，在試管上標示如下圖右側兩欄所示，並依照順序排列在試管架上

【實驗 III 問題】(11.5 分)

*注意：忽略不考慮試管中溶液總體積的變化

III-1 寫出在酸性溶液中碘酸根離子的還原半反應式以及碘離子的氧化半反應式。(1 分)

III-2 將兩個半個反應式整合並且寫出碘酸根離子和碘離子之間的全反應式。(0.5 分)

舉手召喚實驗助理在紙上簽名。實驗助理在檢核過你的答案後將會給你全反應式。

III-3 將滴定步驟中的數據填入答案卷的空格中。(3.5 分)

III-4 計算反應生成碘的碘酸鹽莫耳數。(1.5 分)

III-5 使用碘酸根離子和碘離子反應的反應式，計算生成的碘之莫耳數。(2 分)

III-6 從滴定的反應式，算出高麗菜汁中的抗壞血酸的莫耳數。(1.5 分)

III-7 計算在高麗菜汁中的抗壞血酸的濃度，以 mol/L 表示。(1 分)

III-8 計算在 30 mL 的高麗菜汁樣品中抗壞血酸之質量。(0.5 分)

第二部分：用滴定法測定高麗菜(cabbage)溶液中的維生素 C 濃度

【簡介】

如所週知，在很多植物中，水是含量最豐的構成物質。果汁所具有的不同性質（如味道、顏色等）主要決定於它們的組成，亦即它們除大量水分外、各種酸的相對數量。

因為這些酸的存在，不同果汁各有不同的物理性質，而我們可從研究這些性質得到它們的組成成分的資訊。這類性質之一就是果汁的密度，它跟果汁的成分密切相關。在這部份實驗，你首先必須測量石榴 (pomegranate) 和費加果 (feykhoa) 這兩種水果果汁的密度。這部份實驗的第二項任務就是要測量上述果汁的電阻率。

實驗 IV：密度的測量

所需的器材	數量	需要的化學藥品	數量
盛水的魚缸 (Aquarium with water)	1	石榴汁(Pomegranate juice)	50 mL
有刻度的試管，讀數是 mL (Scaled test tube, readings in mL)	1	費加果汁(Feykhoa juice)	50 mL
小刮勺(Microspatula)	1	蒸餾水(Distilled water)	100 mL
附有小尖管的自動吸量管 (Automatic pipette with tips)	1		
吸量管 (Pipette)	1		

【相關資訊】

用質量和體積來表示時，物體密度的定義是 $\rho = \frac{m}{v}$ 。在這實驗中並沒有提供天平來測量液體的質量，因而果汁的密度必須以間接的方法求得。

在這實驗中，你需要運用關於浮力的知識以及基本的實驗技巧，以量得所求的密度。一個物體所受的浮力是當它浸在密度為 ρ 的液體內時所受的向上的力，大小等於它所排開的液體的重量。

【步驟】

每一實驗組會有一個盛水的魚缸和一根試管，這實驗所用的試管跟之前實驗所用的是不一樣的：在化學和生物實驗中所用的試管並沒有完全刻上刻度，而這裡要用的是全

根均有刻度的試管。

把 4.0 mL 的蒸餾水倒進試管內並讓它浮著。(不要把魚缸中的水盛到試管中。用吸量管為試管添水，但不要去管吸量管上的刻度。) 蒸餾水的密度為 $\rho_w = 1000 \frac{kg}{m^3}$ 而且大致跟溫度無關。記錄對應的試管的浸入深度 (以試管標度上的體積讀數表示)。在試管內分別盛入 4.6 mL 和 5.2 mL 的蒸餾水，並重覆上述的步驟。這些浸入深度的記錄數值可作為後續測量的參考值。

接下來，在試管內倒入一定數量的石榴汁，使得試管浸入到跟盛 4.0 mL 的蒸餾水時相同的深度，並記錄這時石榴汁的體積。對於跟 4.6 mL 和 5.2 mL 的蒸餾水有相同浸入深度的情形，重覆相同的步驟。

對於費加果汁，重覆以上的三個測量步驟。

使用果汁作實驗時，你或許會看到果汁表面覆蓋了一層果肉。為了使得果汁更為均勻，用所提供的小刮勺把果汁攪拌。

試管內的液體太少時，它會因為無法平衡而下沉；當液體太多時，它會由於過重而下沉。若盛滿果汁的試管沉沒，果汁會跟水混在一起，而使得後續的實驗測量失準。

從一種果汁換到另一種果汁時，要把試管澈底清洗乾淨，以使後續的實驗不受影響。

【實驗 IV 問題】(8 分)

IV-1 對於蒸餾水、石榴汁、和費加果汁，記錄浸入深度以及對應的液體體積的數據。

把數據填在答案卷的表格上。(每種液體 1.5 分)

IV-2 利用力平衡的條件，說明你會如何測定果汁的密度，並寫下適當的方程式。把重要步驟記錄在答案卷上。(1.5 分)

IV-3 從這些數據，計算石榴汁和費加果汁的密度，並各求其平均值。把結果填在答案卷的方格上。(每種果汁 1.0 分)

實驗 IV：密度的測量

所需的器材	數量	所需的器材	數量
電量計 (Voltmeter)	1	標尺 (Ruler)	1
電源 (Power source)	1	導線 (Cables)	10
萬用電表 (Multimeter)	1	有小尖管的自動吸量管 (Automatic pipette with tips)	1
小刮勺 (Microspatula)	1	吸量管 (Pipette)	1
漏斗 (Funnel)	1		

所需的化學藥品	數量
石榴汁 (Pomegranate juice)	250 mL
費加果汁 (Feykhoa juice)	250 mL

【相關資訊】

在這實驗中，我們要用上列的儀器找出前述果汁的電阻率。物體電阻的定義是 $R = \rho \frac{L}{A}$ ，這其中 ρ 是電阻率， L 是電阻器的長度， A 是它的截面積。當把電阻器接上電源時，通過它的電流跟跨它兩端的電位差之間的關係是 $V = IR$ 。

我們的電阻器是液體。為了找出它的電阻率，我們把它倒進一個稱作**電量計**的容器中。利用這**電量計**、電源、和伏特計，你要先測量液體的電阻，接著求它的電阻率。

電量計

這實驗所使用的電量計是一個盛果汁的罐子。我們要把所欲測量的果汁倒進這罐子內至數公分的高度。電量計的蓋子上附有兩個電極，它們之間會有一個電位差。假設電流只是直接在兩個電極間流動。若電極鬆脫了，確認它們彼此保持平行，並把螺栓牢固地栓緊。

電極上有標記，可用以調整果汁的高度。果汁最初只須倒到粗略的高度；在蓋上電極和蓋子後，就可以用一個漏斗來微調果汁的高度。

蓋子上有一個可插上漏斗的洞。把漏斗插上去，並繼續倒入果汁，直至液面跟標記等高為止。



電源

在這實驗中，會用一個 HY1503D 電源來提供電量計的電極間的電壓。電源內有一個內建的安培計。確認電流旋鈕（上面的旋鈕）沿順時針方向轉到最盡頭的位置，並在整個實驗中都保持在這位置。在打開電源前，確認電壓旋鈕（下面的旋鈕）沒有轉上，也就是不能沿逆時針方向轉動。

電源的顯示屏上指出了它兩端之間的電位差、以及通過它的電流。萬用電表則可量出電量計兩端之間的電位差。

萬用電表

每一實驗組會有一個萬用電表來測量電壓。把導線連到 COM 和 $V\Omega mA$ 端，並把旋鈕轉到 DC 電壓 (voltage) 20V 上。

按上列的儀器和相關的輔助敘述，建構一個電路，用以測量電量計兩端間的電位差、以及通過它的電流。記錄電流隨電壓的變化，至 15 V 的電壓為止，其間最少取 10 個不同的電壓值。

每一組測量之間不要太匆忙，因為太急會降低測量的精確度。另一方面，若測量費時太久，電流將引起電解、加熱、果汁成分分解等變化，而這將對測量產生影響。因而你要預先籌劃，使得在電源打開後兩分鐘內就能完成你的測量。

為了測定電阻率，你需要知道電極間的距離、以及它們的有效面積。有效面積是電極泡在果汁內的面積。用所提供的標尺測量這些量。



【實驗 V 問題】(8 分)

- V-1 在答案卷上，畫出你用來求得電流對電壓的特性曲線的電路圖。(0.5 分)
- V-2 測量電極間的距離，以及它們的有效面積。把數據填在答案卷上適當的空格裡。(0.5 分)
- V-3 把電流對電壓的測量數據填在適當的表格上，並在所提供的圖紙上繪上適當的圖。(每種果汁 1.5 分)
- V-4 從上述的圖，推算果汁的有效電阻。(每種果汁 1.0 分)
- V-5 計算這兩種果汁的電阻率。(每種果汁 0.5 分)

附錄 1：自動吸量管使用說明

【調整方法】

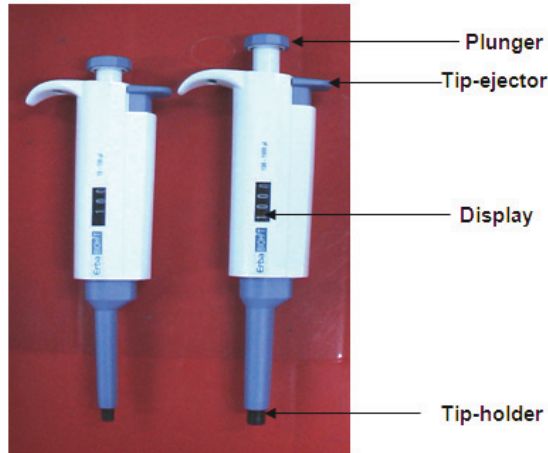
轉動活塞(Plunger)(如下圖)至所需體積的讀數，這體積可從顯示窗(Display)中看到。

記住每一支微吸量管有固定的體積範圍，如吸量管上所示。不要超出此範圍。

【使用方法】

把吸量管的小尖管(tip)牢固套在尖管支架(Tip-holder)上。小心壓下活塞至第一個停留點並拿好，把小尖管垂直插入到溶液中約 2-4 mm 的深度。慢慢地放鬆活塞使它

回到原來的位罝。從溶液中移出吸量管並把其內含溶液移到目的試管中。當溶液在小尖管中時，吸量管要保持垂直。確認小尖管要靠近試管的內壁。把活塞壓至第一個停留點，然後再進一步壓下以使溶液完全從小尖管中流出。把吸量管從試管中移出。將小尖管彈出器(Tip-ejector)壓下，把用過的小尖管彈出到廢棄物桶中。



附錄 2：pH 計使用說明

1. 如圖 1 所示，把 pH 計的蓋子取下。
2. 如圖 2 所示，拉下 pH 計的尖端。
3. 按下 on/off 鈕以打開或關閉 pH 計。
4. 在測量溶液的 pH 讀數時，等讀數穩定再記錄。
5. pH 計在每次使用過後，要用蒸餾水潤洗並用紙拭乾。
6. 將 pH 計關閉並套上蓋子，放回箱中。



圖 1



圖 2