

屏東縣第 66 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：維生素 C 的密碼

關鍵詞：維生素 C、還原力減變率

編號：B3005

摘要

本研究旨在探討不同的保存方式及冷凍後解凍方式對維生素 C 溶液的還原力的影響。使用直接碘滴定法來量測維生素 C 還原力，並使用 pH 儀量測維生素 C 溶液的 pH 值。研究結果顯示，維生素 C 溶液易受空氣影響而失去還原力；冷藏存放時，經過 7 天維生素 C 溶液的還原力減變率為-47%，仍保有 53%的還原力；冷凍保存下，在第 14 天解凍時，解凍方式無論是常溫解凍或加溫水解凍(密封或刺洞)，均保有 60%以上的還原力，且常溫解凍(密封狀態)時效果最好，次為加溫水解凍(保有部分通透性)，最後為加溫水解凍(密封狀態)。對照 pH 值與滴定碘溶液體積關係，發現有負相關趨勢。

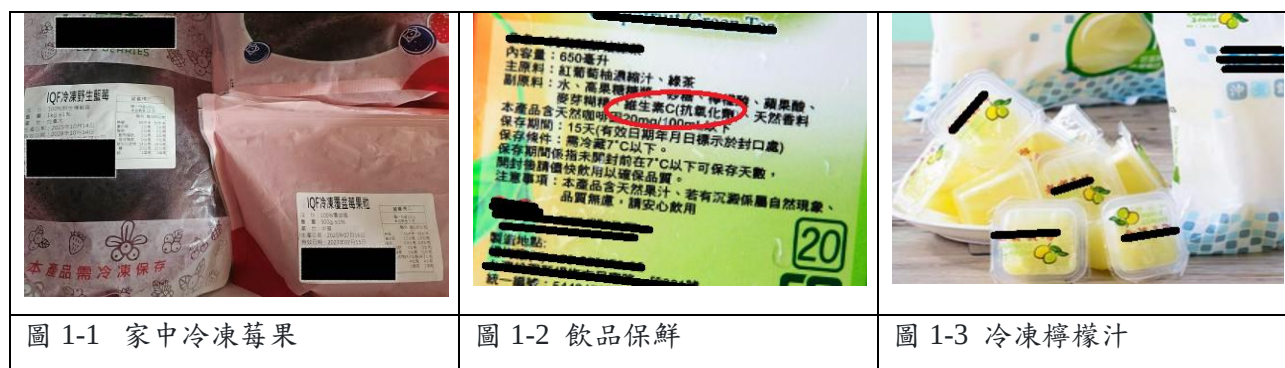
壹、前言

一、研究動機

這陣子家中早餐很喜歡吃燕麥片加上水果或堅果，有時媽媽會購買新鮮水果，有時會買冷凍的莓果，甚至家中吃不完的香蕉、芒果等，媽媽也會先冷凍起來，要食用時再拿出來出來。雖然冷凍水果冰冰涼涼很好吃，但是我想這不會破壞水果中的營養成分嗎？這讓我想到平時愛喝的一些飲料，也有標榜含維生素 C，可當作抗氧化劑，但是保存 10 天以上還有一定的還原力嗎？市面上也有將檸檬汁冷凍製成冰塊的產品，看其保存可達 3 個月，維生素 C 難道都不會被破壞嗎？老師在課堂上曾說過維生素 C 是很好的還原成分，但高溫會破壞維生素 C，於是我們搜尋相關資料，發現原來有相關研究證明水果在極低溫急速冷凍後營養素並不會被破壞，但在家中一般的冷藏室及冷凍庫，對維生素 C 的還原力有什麼影響？另外不同的解凍方式，對維生素 C 的還原力不知是否有差別？

有些研究中指出，由於水果中有許多具有還原力的成分，會使用急速冷凍的方式如 IQF，來保存蔬果的營養物質維生素類、多酚類及類胡蘿蔔素，我們想了解維生素 C 成分還原力與

冷藏、冷凍之間的關係，以及解凍方式對維生素 C 的還原力影響，因此我們選用純維生素 C 粉來進行實驗，以避免其他成分的干擾。



與教材相關：八年級下學期自然課本第 2 單元-氧化還原和第 3 單元-酸、鹼、鹽

二、研究目的

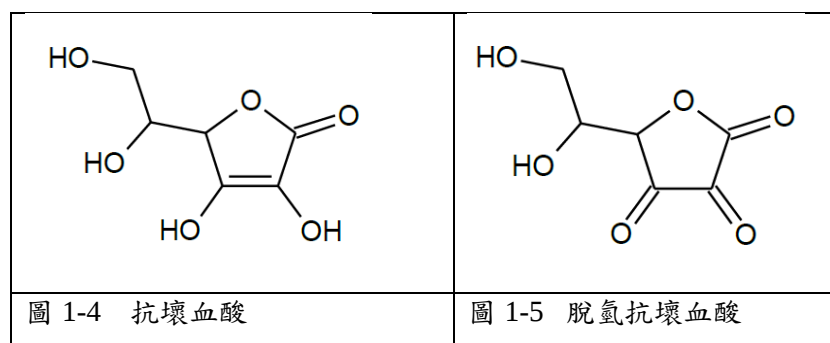
- (一) 探討常溫保存時空氣對維生素 C 還原力的影響。
- (二) 探討冷藏保存時維生素 C 的還原力變化。
- (三) 探討家用冰箱冷凍保存對維生素 C 還原力的影響。
- (四) 探討不同解凍方式對維他命 C 還原力的影響。
- (五) 探討維生素 C 還原力與 pH 值的關係。

三、文獻探討

(一) 維生素 C

維生素 C 是水溶性的維生素，又稱「抗壞血酸」，具有還原性、水溶性、抗氧化性以及不穩定性，可以促進膠原蛋白合成（幫助傷口癒合、維持皮膚和血管健康、強化免疫力）、幫助鐵質吸收（預防貧血）、增強免疫系統（支持白血球功能、維持黏膜屏障）以及維持骨骼牙齦健康等關鍵作用，可藉由水果和蔬菜攝取。

因本身容易被氧化而具有良好的抗氧化活性，可避免其他化合物被氧化及變質。分析維生素 C 的方法有氧化還原滴定、酸鹼滴定、比色法及高效液相層析法等。



(二) 維生素 C 含量的測定

1. 碘標準溶液

本實驗使用的碘溶液為 0.1M 的碘標準溶液，其主要成分為碘(I₂)，碘在水中的溶解度不高，因此通常會加入碘化鉀(KI)，以增加溶解度，並會形成多碘錯離子(I₃⁻)，使用的溶劑維去離子水。此 0.1M 是碘(I₂)的濃度。

2. 碘滴定法

碘滴定法分為直接碘滴定法和間接碘滴定法，直接碘滴定法主要用於檢測還原劑，在滴定開始前即加入澱粉，觀察溶液由無色變為藍色，即為滴定終點。而間接碘滴定法則是用於測定氧化劑，先變成碘，再滴入硫代硫酸鈉，澱粉要在接近淺黃色階段才可以加入。下表為總結對照表。

比較項目	直接碘滴定法	間接碘滴定法
反應原理	標準碘溶液直接滴定還原劑	氧化劑先反應析出碘，再用硫代硫酸鈉滴定
待測物性質	強還原劑	氧化劑
標準溶液	碘 (I ₂) 標準溶液	硫代硫酸鈉 (Na ₂ S ₂ O ₃) 標準溶液
滴定終點顏色	無色 → 藍色	藍色 → 無色
反應環境	酸性、中性或弱鹼性 (pH < 9)	通常在酸性環境中進行

3. 本研究因主要探究維生素 C 的含量，故使用直接碘滴定法。而直接碘滴定法中維生素 C 與碘的反應如下：

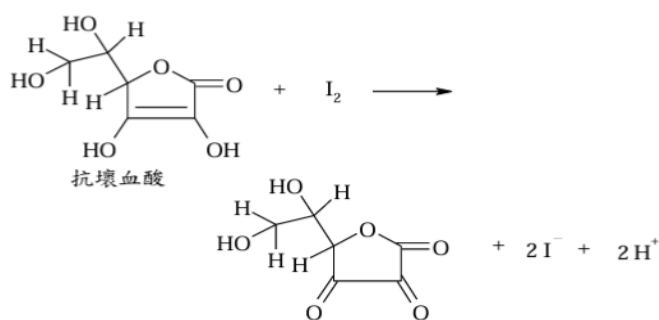


圖. 維生素 C 與碘的反應(台大化學普化實驗室)

當維生素 C 用完後，碘溶液中的多碘錯離子(I₃⁻)即可與澱粉結合，形成藍色沉澱，藉此判斷滴定終點。

由上式反應也可看出，若要進行化學計量時，碘的莫耳數=維生素 C 的莫耳數。

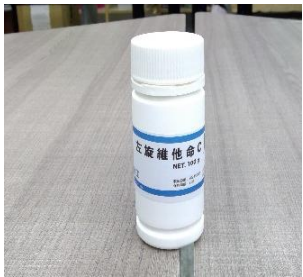
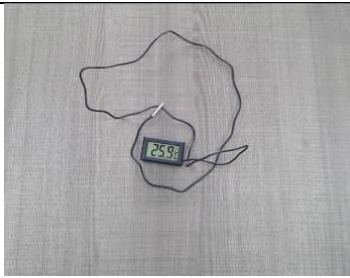
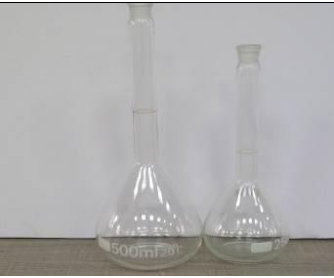
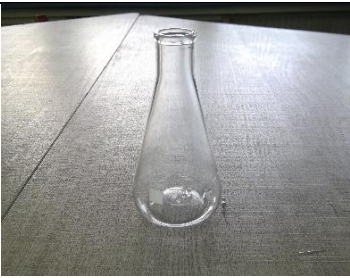
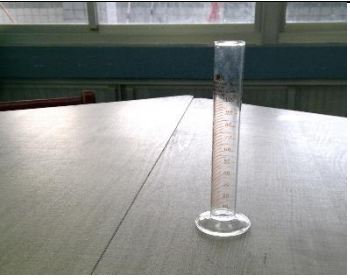


(三) 關於食品冷凍後營養成分變化的研究

蔬果冷凍後，營養成分變化不大，甚至部分營養素（如維生素 C）含量可能因細胞壁破裂而增加，吸收率提高；重要的是快速冷凍技術能鎖住營養，許多研究顯示冷凍蔬果的營養價值與新鮮蔬果相當或更高，玉米、胡蘿蔔、綠花椰菜、菠菜、豌豆、四季豆、草莓和藍莓中的抗壞血酸、核黃素、 α -生育酚和 β -胡蘿蔔素含量。每種產品均採集樣品，進行加工處理，並在每種處理方式下設定三個儲存時間點，分析其營養成分。結果顯示，八種產品中有五種的抗壞血酸含量無顯著差異，其餘三種產品的冷凍樣本抗壞血酸含量高於新鮮樣本。冷凍食品的維生素含量與新鮮食品相當，有時甚至更高。

食品快速冷凍（急速冷凍）的核心在於快速通過「最大冰晶生成帶」（約-1~-3°C），在 30 分鐘內形成微小冰晶，避免細胞壁遭破壞，鎖住鮮度與口感。常見方式包括強力風冷（-30°C 以下強風）、液態氮（-196°C 超低溫）、液體凍結（-35°C 冷液）及 IQF 個體快速冷凍。

貳、研究設備及器材

		
維生素 C 粉	澱粉	0.1M 碘溶液
		
滴定管	鐵架和蝴蝶夾	pH 儀
		
溫度計	容量瓶	錐形瓶
		
電子秤	量筒	燒杯

參、研究過程或方法

一、 配置維生素 C 液、澱粉指示劑及碘滴定液

(一)配製維生素 C 液

取 0.12 公克的純維生素 C 粉倒入 500 毫升的容量瓶中，配製成濃度 24 毫克/100 毫升的維生素 C 溶液。

(二)配製澱粉指示劑

取 2 公克澱粉加入 100 毫升水中混合製成的澱粉液，並且加熱至 70 度，持續攪拌使其溶解。

(三)配製碘滴定液

每次實驗時，將實驗室中 0.1M 的碘標準溶液，取用 10 毫升溶液加入容量瓶中，加水至 250 毫升，將碘標準溶液稀釋至 0.004M。

二、 定義維生素 C 溶液還原力減變率

本研究中主旨是探討不同的保存方式及解凍方式對溶液中維生素 C 還原力的影響，每次配製維生素 C 溶液雖已使用較精密的電子秤及容量瓶，濃度還是可能有少許誤差，因此我們定義本研究中的維生素 C 溶液還原力減變率為

$$\frac{\text{實驗當日滴定的碘溶液體積} - \text{配製當日滴定的碘溶液體積}}{\text{配製當日滴定的碘溶液體積}} \times 100\%$$

三、 探討室溫下空氣對維生素 C 還原力的影響

為了解空氣成分對維生素 C 還原力的影響，我們設計同樣在室溫下，僅放置於燒杯中、開放狀態的維生素 C 溶液，以及放置於夾鏈袋中，密封狀態的維生素 C 溶液。

(一) 開放狀態的維生素 C 溶液

1. 取維生素 C 溶液，每25毫升放入燒杯中，配製21杯，放置於室溫。
2. 配製當日先取3杯滴定，並使用 pH 儀檢測酸鹼性，紀錄所使用的碘溶液量及 pH 值，作為此批維他命 C 溶液的基準量。
3. 每隔1天，進行滴定及檢測 pH 值。共紀錄7天。

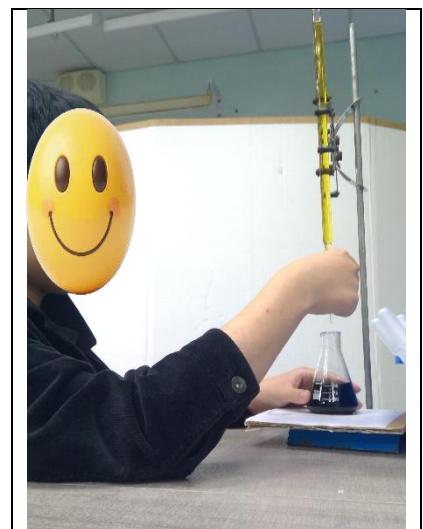


圖3-1 以碘溶液滴定維生素 C 溶液

4. 計算維生素 C 還原力減變率。

(二) 密封狀態的維生素 C 溶液

1. 取維生素 C 溶液，每25毫升放入夾鏈袋中，共配製21杯，放置於室溫。
2. 配製當日先取3杯滴定，並使用 pH 儀檢測酸鹼性，紀錄所使用的碘溶液量及 pH 值，作為此批維他命 C 溶液的基準量。
3. 每隔1天，打開3袋測試，進行滴定及檢測 pH 值。共紀錄7天。
4. 計算維生素 C 還原力減變率。



圖3-2 pH 儀使用前的校正

四、探討維生素 C 冷藏保存的還原力變化

- (一) 取維他命 C 溶液，每25毫升放入夾鏈袋中，共配製36杯，並放入冰箱中冷藏。
- (二) 量測冰箱冷藏室中的溫度為6.6°C。
- (三) 配製當日先取3杯滴定，並使用 pH 儀檢測酸鹼性，紀錄所使用的碘溶液量及 pH 值，作為此批維他命 C 溶液的基準量。
- (四) 每隔1天，打開3袋測試，進行滴定及檢測 pH 值，共進行第1~7天、第14天、第28天。
- (五) 計算維生素 C 還原力減變率。



圖3-3 放置於冰箱中冷藏的維生素 C 溶液

五、探討家用冰箱冷凍保存對維生素 C 還原力的影響

- (一) 量測冰箱冷凍庫溫度，為-9.1°C。
- (二) 取維他命 C 溶液，每25毫升放入夾鏈袋中，共配製27杯，並放入冰箱冷凍庫中冷凍。
- (三) 配製當日先取3杯滴定，並使用 pH 儀檢測酸鹼性，紀錄所使用的碘溶液量及 pH 值，作為此批維他命 C 溶液的基準量。
- (四) 每隔1天，打開3袋測試。放於室溫下，自然解凍至冰塊完全溶解，進行滴定及檢測 pH 值，共進行第1~7天、第14天。
- (五) 計算維生素 C 還原力減變率。



圖3-4 放置於冷凍庫中的維生素 C 溶液

六、探討不同解凍方式對維生素 C 還原力的影響

因在研究五中，維生素 C 溶液在常溫下自然解凍的時間較長，若要使解凍速率加快一點而加入溫水，讓解凍速率較快，是否對維生素 C 的還原力有影響？以及如果加溫水解凍時，維生素 C 溶液不完全密閉，讓維生素 C 溶液與溫水慢慢混合，則對維生素 C 還原力又有什麼影響？因此設計以下實驗。

- (一) 取維他命 C 溶液，每25毫升放入夾鏈袋中，共配製48杯，並放入冰箱冷凍庫中冷凍。
- (二) 配製當日先取3杯滴定，並使用 pH 儀檢測酸鹼性，紀錄所使用的碘溶液量及 pH 值，作為此批維他命 C 溶液的基準量。
- (三) 取用3袋測試。取燒杯約60°C的溫水25毫升，加入1袋維生素 C 溶液(密封不打開夾鏈袋)放置至冰塊完全溶解，共進行3杯。
- (四) 取用3袋測試。取燒杯約60°C的溫水25毫升，加入1袋維生素 C 溶液，以大頭針在夾鏈袋表面刺10個洞。放置至冰塊完全溶解，共進行3杯。
- (五) 每隔1天，重複步驟(三)~(四)進行滴定及檢測 pH 值，共進行第1~7天、第14天。
- (六) 計算維生素 C 還原力減變率。

七、探討維生素 C 還原力與 pH 值的關係。

進行研究三~六時，探討 pH 值與滴定使用的碘液量的關係。

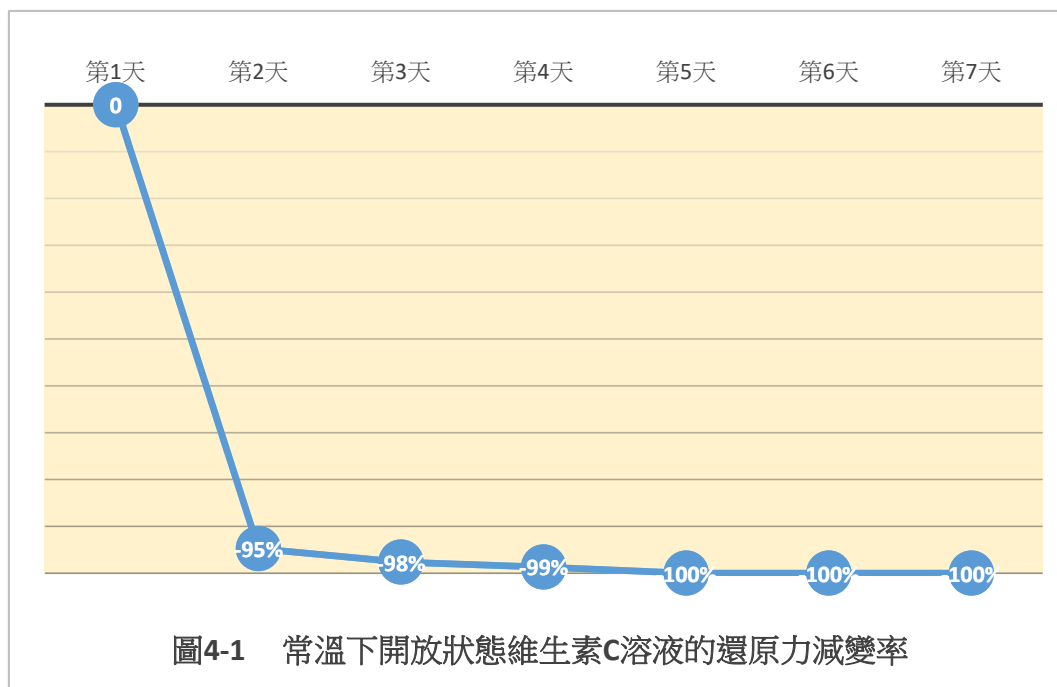
肆、研究結果

一、探討維生素 C 在室溫下還原力的變化

(一)開放狀態下維生素 C 溶液的還原力減變率

表 4-1 常溫下開放狀態的維生素 C 還原力減變率

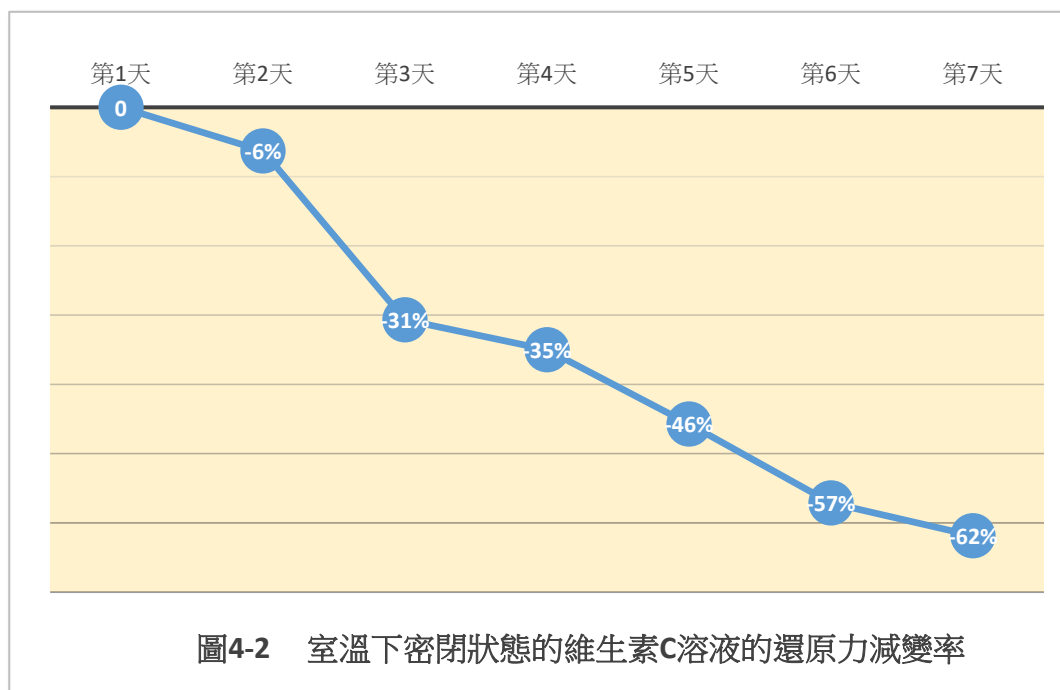
滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
第 1 次	37.5	1.7	1.4	0.4	0	0	0
第 2 次	38	2.2	0.2	0.5	0	0	0
第 3 次	39	2.1	1.1	0.6	0	0	0
平均	38.17	2.00	0.90	0.50	0.00	0.00	0.00
還原力減 變率	0	-95%	-98%	-99%	-100%	-100%	-100%
pH 值	4.03	6.91	6.94	7.00			



(二)密閉狀態下維生素 C 溶液的還原力減變率

表 4-2 常溫下密閉狀態的維生素 C 還原力減變率

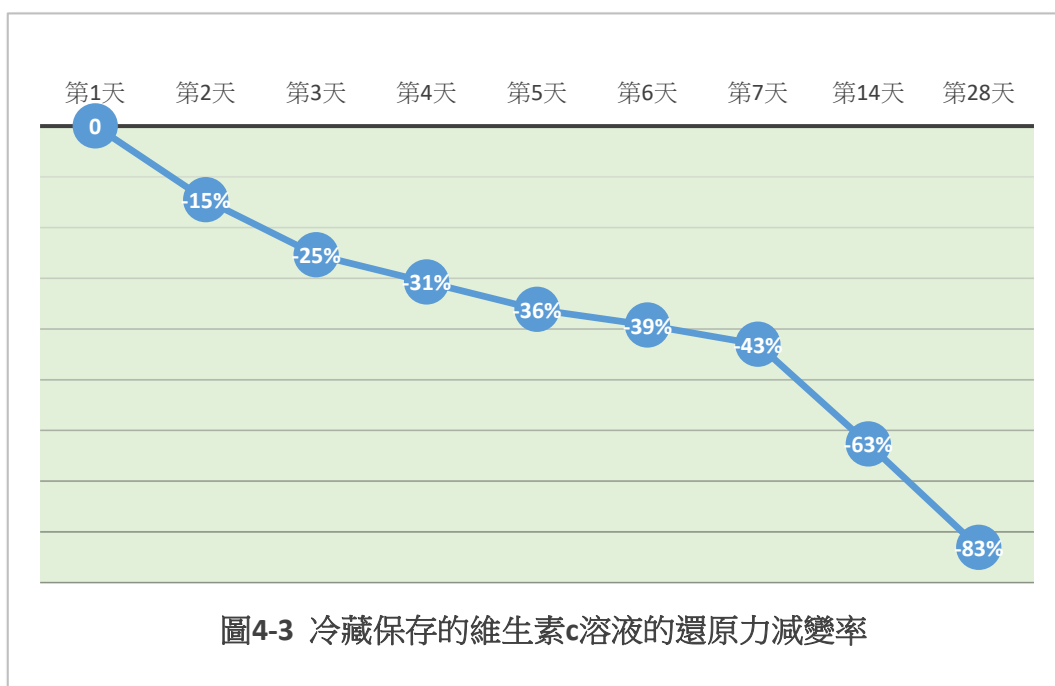
滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
第 1 次	39.5	32	21	21.8	18.6	15.4	13.6
第 2 次	30.8	32.1	21.4	22	19	14.2	12
第 3 次	31.4	31.2	28.1	22.3	17.6	14	13.2
平均	33.9	31.7667	23.5	22.0333	18.4	14.5333	12.9333
還原力減 變率	0	-6%	-31%	-35%	-46%	-57%	-62%
pH 值	4.12	4.40	5.80	5.96	6.20	6.26	6.30



二、 探討冷藏保存對維生素 C 還原力的影響

表 4-3 冷藏保存的維生素 C 還原力減變率

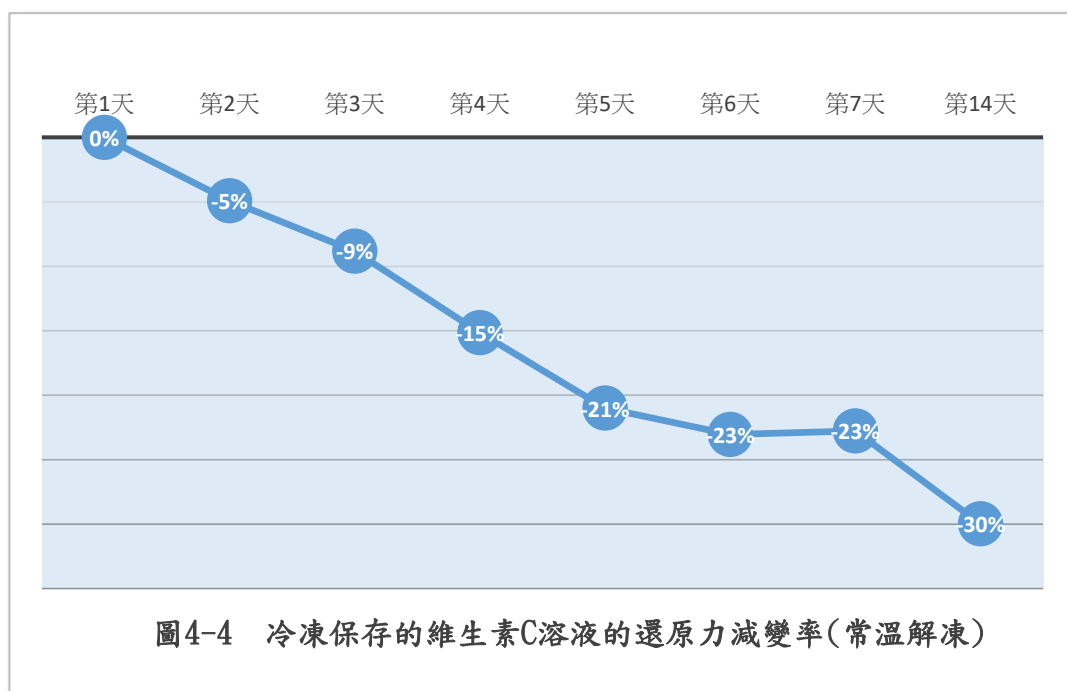
滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 14 天	第 28 天
第 1 次	35.6	29.5	27.5	25	23.5	22.8	23.8	10.6	4.6
第 2 次	34.9	31.1	26.1	24.6	23.2	20.2	18.6	12	4.5
第 3 次	35.5	30	25.5	23.8	21	21.4	18	11.2	4.3
平均	35.3	30.2	26.4	24.5	22.6	21.5	20.1	11.3	4.5
還原力減 變率	0	-15%	-25%	-31%	-36%	-39%	-43%	-63%	-83%
pH 值	4.08	4.45	4.40	5.45	5.96	5.98	6.05	6.40	6.80



三、 探討家用冰箱冷凍保存對維生素 c 還原力的的影響

表 4-4 冷凍保存的維生素 C 減變率(常溫解凍)

滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 14 天
第 1 次	34.2	33.8	32.5	30.3	29.6	27.6	27.8	25.3
第 2 次	36.1	34.5	33.5	31.2	27.4	28	27	23.4
第 3 次	37.3	34	32.1	29.8	28	27.2	28.3	20
平均	35.87	34.10	32.70	30.43	28.33	27.60	27.70	22.90
維生素 C 減變率	0%	-5%	-9%	-15%	-21%	-23%	-23%	-30%
pH 值	4.08	4.34	4.37	4.42	4.41	4.45	4.43	5.78



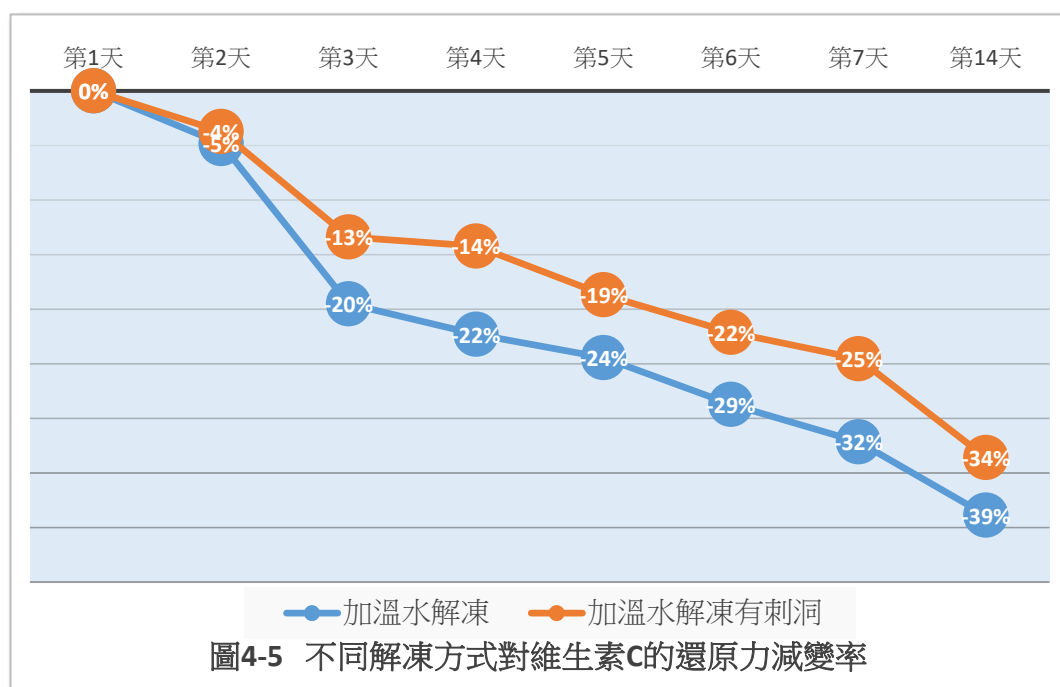
四、探討不同解凍方式對維生素c還原力的影響

表 4-5 冷凍保存的維生素 C 溶液還原力減變率(加溫水解凍)

滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 14 天
第 1 次	34.2	34.7	30.9	28	27.2	26.5	24.4	23.6
第 2 次	36.1	33.5	26.1	28.6	26	25.5	25	20
第 3 次	37.3	34.2	29.6	27	28.1	24.7	23.6	19
平均	35.87	34.13	28.87	27.87	27.10	25.57	24.33	20.87
還原力減 變率	0%	-5%	-20%	-22%	-24%	-29%	-32%	-39%
pH 值	4.08	4.35	4.4	4.42	4.44	4.65	5.47	5.98

表 4-6 冷凍保存的維生素 C 溶液還原力減變率(加溫水解凍有刺洞)

滴定使用的 碘溶液 體積	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 14 天
第 1 次	34.2	34.4	31.9	31.8	29.5	28.6	27.8	21.3
第 2 次	36.1	34.7	31	30.1	28.4	26.4	27.9	22.8
第 3 次	37.3	34.5	30.3	30.4	29.6	28.8	25.5	24.7
平均	35.87	34.53	31.07	30.77	29.17	27.93	27.07	22.93
還原力減 變率	0%	-4%	-13%	-14%	-19%	-22%	-25%	-34%
pH 值	4.08	4.32	4.29	4.35	4.21	4.39	4.5	5.62



伍、討論

一、探討維生素 C 在室溫下還原力的變化

1. 由圖4-1可看出，當維生素 C 溶液直接接觸空氣，很快就失去還原力，在一天後，其還原力減變率已達-95%。
2. 由圖4-2可看出，密封保存的維生素 C 溶液因為接觸空氣，雖保存在室溫下，但到了第5天後還原力減變率才會達到-50%以下，減少一半的還原力。
3. 比較圖4-1、圖4-2，顯見維生素 c 溶液的還原力受空氣影響極大。

二、探討冷藏保存對維生素 C 還原力的影響

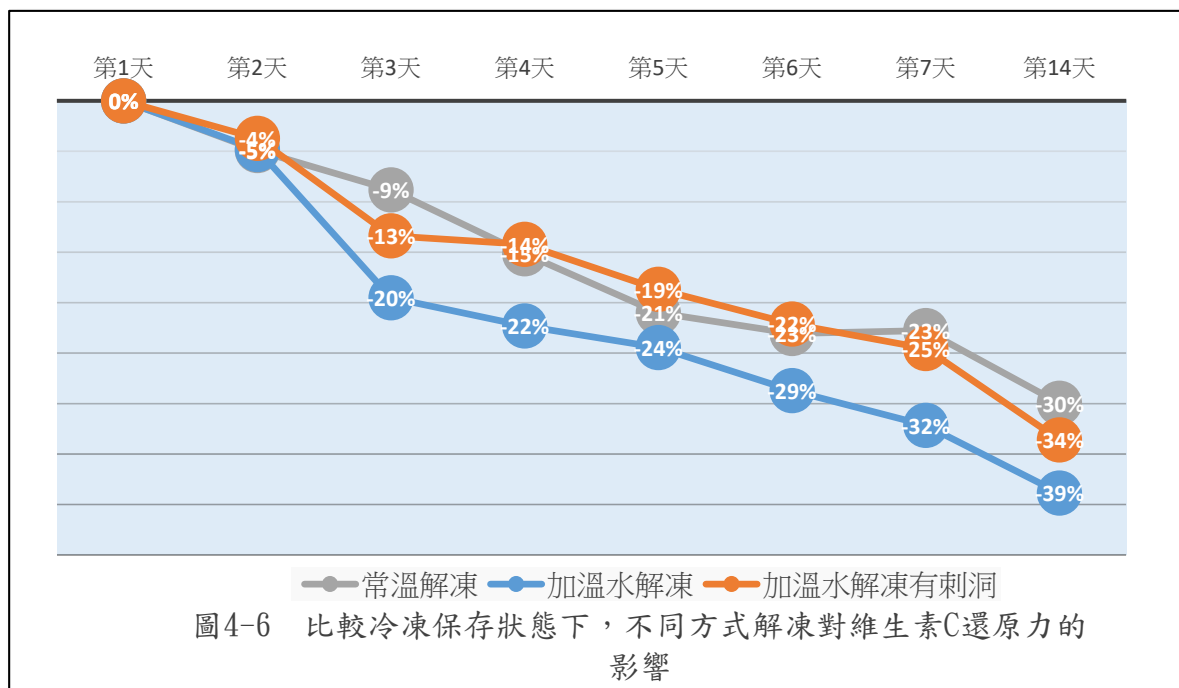
1. 由圖4-3可看出，冷藏保存下的維生素 c 溶液，到了第7天，其還原力減變率為-43%，不到-50%，而到了第14天，還原力減變率為-63%。
2. 到第28天維生素 C 溶液的還原力減變率為-87%，仍有13%的還原力。
3. 比較圖4-2及圖4-3可知，冷藏確實可維持對維生素 C 還原力。

三、探討家用冰箱冷凍保存對維生素 c 還原力的的影響

1. 由圖4-4可看出，冷凍保存狀態下維生素 C 的還原力減變率到了第14天為-30%，對維生素 C 溶液的還原力仍有不錯的維持效果。
2. 比較圖4-3、圖4-4，若要長時間保存，如14天，可以看出冷凍保存對維生素 C 還原力減變率遠小於較冷藏保存。

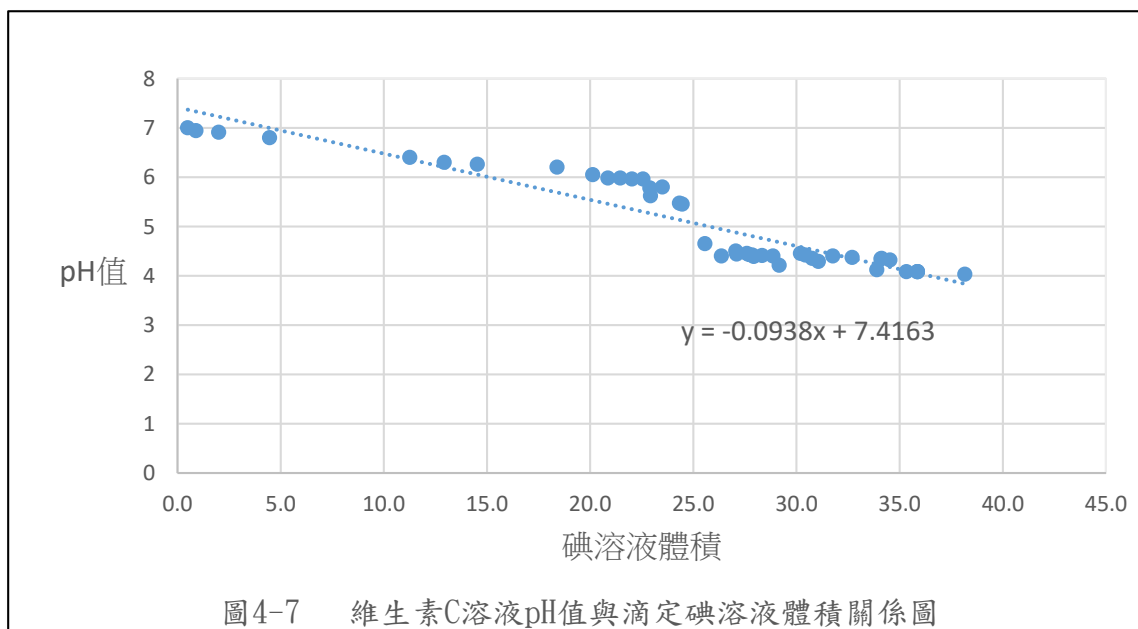
四、探討不同解凍方式對維生素 C 還原力的影響

1. 由圖4-5可看出，冷凍保存下的維生素 C 溶液，溫水解凍下，即使以冷凍14天，維生素 C 的還原力減變率仍能有-39%以上，但以有刺洞的情形對維生素 C 的還原力影響較小，顯示若要加溫水快速解凍，仍要有部分通透性對還原力的維持較佳，推測可能原因在於高溫會使維生素 C 的還原力下降，而在密封解凍時，維生素 C 溶液吸熱升溫後因密封使得溫度不易下降，故而還原力下降較多。
2. 若將冷凍保存下，常溫解凍(表4-4)、加溫水密封解凍(表4-5)及加溫水有刺洞解凍(表4-6)的情形一併做圖比較如下圖4-6，圖中顯示若冷凍保存後，解凍時，以常溫解凍維生素 C 的還原力減變率較小，對還原力保存效果較好，但加溫水有刺洞時解凍(有部分通透性)，還原力減變率亦較加溫水密封時解凍時小。



五、探討維生素 C 還原力與 pH 值的關係。

1. 每次實驗維生素 C 溶液的 pH 值均維持在小於7.00，因此符合需在酸性中滴定的條件。
2. 若將每次的實驗碘溶液滴定量與 pH 值做圖，如圖4-7，**滴定使用的碘溶液體積越少，pH 值越大，也就是還原力越小，pH 值越大。兩者約呈現負相關。**



六、文獻中提及蔬果冷凍後，因細胞壁破裂，再解凍會使得更多維生素 C 從細胞中釋放，檢測出的維生素 C 含量增加。但若考慮真實維生素 C 的含量，由本研究看出，冷凍後仍會使維生素 C 還原力下降。

七、市面上有些飲品添加維生素 C 來冷藏保鮮，根據本研究，密封狀態下冷藏保鮮時間若到第14天，維生素 C 溶液的還原力會下降許多。

陸、結論

- 一、常溫保存時，接觸空氣會讓維生素 C 還原力急速下降。
- 二、冷藏保存時，在密封狀態下約過7天，維生素 C 溶液的還原力減變率為-43%，還保有一半以上的還原力。
- 三、冷凍保存時，在密封狀態下，經過14天，解凍時無論是常溫解凍、加溫水解凍，維生素 C 溶液的還原力減變率少於-40%。
- 四、冷凍保存後，保持維生素 C 還原力的解凍方式排序為：
常溫解凍(完全密封)>加溫水解凍(有刺洞，保有通透性)>加溫水解凍(完全密封)
- 五、維生素 C 溶液還原力越好，pH 值越小。

柒、參考資料及其他

- 一、國中、小「維生素 C 的定量分析」實驗設計與闖關實作，台灣化學教育，連憶經，2024。
- 二、蔬果中抗氧化成分的介紹(二)，台中區農情月刊，陳葦玲、王念慈，2009。
- 三、農業知識入口 https://kmweb.moa.gov.tw/knowledge_view.php?id=6576
- 四、Vitamin retention in eight fruits and vegetables: a comparison of refrigerated and frozen storage，Ali Bouzari 1, Dirk Holstege, Diane M Barrett，2015。