

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

030207

高雄市立新興高級中學

指導老師姓名

李明憲

魏任鋒

作者姓名

陳怡君

陳宜君

張景翔

鄭乃銘

# 為草莓族打氣！

## --探討如何利用化學調氣方法延長草莓的保存期限

### 壹、摘要

草莓是外表光鮮，易壞的水果，透過「調氣包裝」(脫氧並增加二氧化碳)的方式，可以延長草莓的保存期限，本研究希望透過藥品的轉換，找出更生活化，更實用的調氣藥品，經過實驗發現，在 500ml 容積中，脫氧包速率最佳的配方為：o-buster 脫氧包三包內容物(已置放於空氣中三週以上，約 6.90 克)+食鹽 4 克+活性碳粉 2 克+水 1ml；增加二氧化碳速率最快的配方為(小蘇打粉 3 克 + 檸檬酸 5 克 + 3 滴水)，以此配方放大五倍後應用於生活中的密封保鮮盒中(2500c.c.)，置於室溫下，可以延長草莓的保存期限至存放 7 天後仍然保有新鮮不腐敗不發霉的成效。

### 貳、研究動機

新聞中常常稱呼我們七年級生是草莓族，外表光鮮，卻不能承受挫折，很容易腐敗爛掉，在家裏也常常看到買來的草莓放個幾天很快就會壞掉了。課本第 4 冊第 4 章(康軒版)有提到許多食物保存的方法與應用，同時在其它章節也有提到一些化學變化的應用，我們希望能夠透過實驗，找到一個可以簡單保存草莓，又可以隨時隨地安心食用的方法。

### 參、研究目的

藉由實驗的過程，瞭解草莓腐壞的現象，並且透過調氣小包的應用，嘗試延長草莓保存的期限，同時嘗試應用生活中可以取得及回收再利用的藥品，來進行調氣藥品的改良，使得調氣包裝的方式更容易實行。

### 肆、研究設備器材

錐形瓶(500ml)、橡皮塞、電子天平、研鉢、試管、溫溼度計、夾鏈袋(2 號、6 號)、小試管、抗壞血酸鈉、碳酸氫鈉、碳酸鈉(10 個結晶水)、硫酸亞鐵(7 個結晶水)、活性碳粉、蒸餾水、丙酮、鐵粉、食鹽(市售)、檸檬酸(市售)、小蘇打粉(市售)、o-buster 脫氧劑(FT-20c.c. 型)、透明保鮮盒(2500ml)。

### 伍、研究過程或方式與實驗結果

以下為各次不同的實驗主題中主要的實驗設計與結果，實驗中所應用的草莓為實驗當天早上，由市場上直接買一盒新鮮的草莓，經過挑選，將有問題(太軟、有黑點、太生)的部分去掉，最後選出色澤較漂亮，大小接近的草莓進行實驗，並且預先進行稱重的工作，草莓放入錐形瓶前均先以衛生紙略為擦拭草莓，以避免殘留水漬造成誤差。為了實驗的正確性，每個錐形瓶使用前都加以清洗，並以蒸餾水及丙酮再做一次清洗，靜置烘乾，需要密閉的瓶子則以橡皮塞塞住瓶口，瓶口和橡皮塞間再塗上凡士林，以確保瓶子為密閉狀態。

各次實驗詳細研究及實驗日誌部份及文字敘述統整資料請參考會場提供資料。

## 實驗一：調氣包裝對保存草莓有效嗎？

### (一)我們的疑問：

課本上教了我們很多保存食物的方式，但是我們又從許多的網路資料和書籍中找到調氣小包的應用和藥品配方，這種方式真的能延長草莓的保存期限嗎？為此我們設計了第一個簡單的實驗。

### (二)實驗假設：

1. 溫度不同對於草莓的保存是有影響的
2. 密封狀態的不同對於草莓是有影響的
3. 有無調氣包裝處理對於草莓是有影響的

### (三)實驗設計：

根據實驗假設我們做了6個實驗瓶，各瓶子的狀態如下：

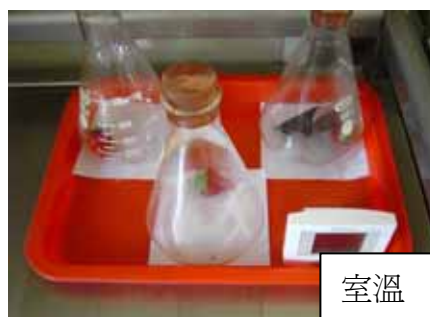
瓶子編號	1	2	3	4	5	6
放置地點	器材室 陰涼處	器材室 陰涼處	器材室 陰涼處	冰箱	冰箱	冰箱
溫度	室溫	室溫	室溫	5°C以下	5°C以下	5°C以下
有無調氣包裝	No	No	Yes	No	No	Yes
封閉情況	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes
草莓重量	9.91g	9.21g	9.22g	7.86g	9.13g	8.80g

調氣小包中放入的藥品量，在參考了賴昭友論文(2000)中的結論建議(250ml)後，我們將藥品放大兩倍為(500ml 中)：

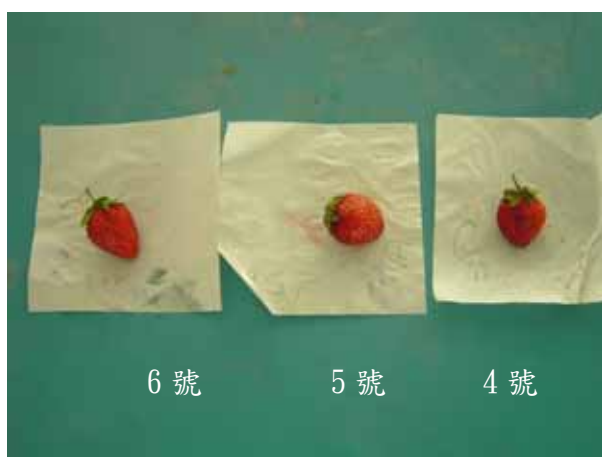
藥品	重量
抗壞血酸鈉	1.60g
碳酸氫鈉	2.60g
碳酸鈉(含10個結晶水)	6.00g
硫酸亞鐵(含7個結晶水)	3.40g

我們將此配方稱為「抗壞血酸系調氣藥包」，以市面上可以買到的2號夾鏈袋為實驗的包裝材料，裝入藥品後將封口封起來放入錐形瓶中。

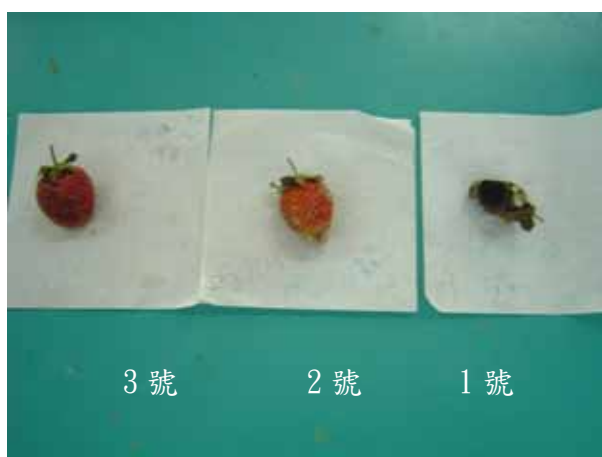
然後每天中午午休時，我們四個人再一起進行觀察紀錄，將之整理出來，除了觀察草莓外觀的變化，並記錄溫度、溼度。



本次實驗在兩週後結束，結果發現在冰箱中的草莓不論有沒有密封，是否加入調氣包裝，看起來都沒腐壞，只未密封的草莓(4號)因為水分蒸發而較乾枯而已。



但是在室溫狀態下的實驗(如下圖)卻可以很明顯的看出，1號瓶最快腐敗，2號瓶次之，3號雖然在一週後，外觀及色澤上已經不能讓人有購買的慾望了，但是一直到實驗結束，都沒有腐壞現象。



從下表的整理中可以看出各瓶實驗後大致的差異與變化，詳細記錄如附件一(另附)。

瓶子編號	1	2	3	4	5	6
放置地點	器材室 陰涼處	器材室 陰涼處	器材室 陰涼處	冰箱	冰箱	冰箱
溫度	室溫	室溫	室溫	5°C以下	5°C以下	5°C以下
發霉	有	有	無	無	無	無
外觀	已萎縮	褪色 有斑點	褪色 外型大致良好	略萎縮 呈現乾枯	外型良好 有沾水浸溼現象	外型良好有沾水 浸溼的現象
草莓重量 (實驗前)	9.91g	9.21g	9.22g	7.86g	9.13g	8.80g
實驗後重量	4.72g	7.64g	8.52g	6.35g	8.22g	8.13g
重量差	5.19g	1.57g	0.70g	1.51g	0.91g	0.67g

## 實驗二、探討更生活化的調氣小包

### (一)我們的疑問

經過實驗一，我們已經初步證實調氣小包的方式是有一定效果的，同時也從實驗過程中瞭解草莓腐壞的過程。但如何將實驗中所選用的調氣小包藥品，改以其它生活中較可能取得及利用的替代方式來做處理？

### (二)實驗假設

由於調氣小包是利用降低氧氣，增加二氧化碳的方式，調整密封包裝中的氣體組成，因此我們將實驗分為兩部份探討（康軒版第4冊第4章、第4章）

(1)利用鐵粉為主成分，適當調配後，可以迅速達到去氧的功能。

(2)利用(酸+小蘇打粉)的方式，適當調配後，可以迅速增加容器中二氧化碳的比例。

### (三)實驗設計

以下實驗分為兩部分探討，分別為(1)脫氧包的配藥調整；(2)製備二氧化碳包的配藥調整。每次實驗均由四位組員分別固定控制一組器材，同時進行數據的紀錄，並以四人的紀錄進行平均得到最後的結果，以多次多組實驗來減少實驗上可能產生的誤差。

實驗裝置是應用密閉容器中，氣體減少，壓力會變小，液柱會上升；氣體增加，壓力會變大，液柱會下降的原理（參考康軒版第3冊第4章），以鐵架、錐形瓶及滴定管，架設了一套可以以液柱變化來判斷反應速率的裝置，如下圖所示：



測試脫氧速率時，因為液柱預期會上升，因此統一各組抽氣使水柱由刻度5(ml)為起點開始記錄，而在測試二氧化碳製備時，因為預期水柱會下降，則統一由刻度45(ml)處為起點開始記錄，各個錐形瓶在每次實驗前均進行更換，並且保持紅色水溶液至接近瓶口(標籤)的情況。

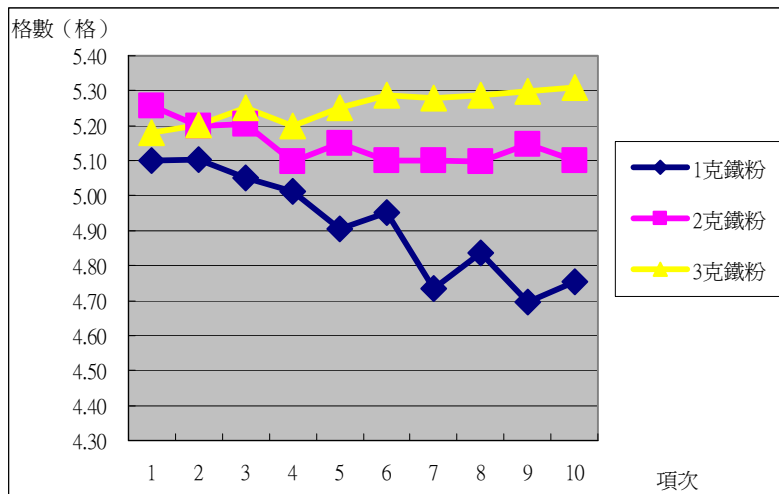
(1) 脫氧劑的配藥調整

實驗 I、想要了解鐵粉量的多寡對鐵耗氧速率的影響。

步驟：我們分別取 1 克 2 克 3 克的鐵粉，分別測試鐵耗氧的速率。

結果：實驗數據如下所示。

日期：2 月 7 日		內容物=Fe					
項次	時間 (分)	質量 (克)					
		1		2		3	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	5.10		5.25		5.18	
1	2	5.10	0.000	5.20	-0.025	5.20	0.010
2	4	5.05	-0.025	5.20	0.000	5.25	0.025
3	6	5.00	-0.025	5.10	-0.050	5.20	-0.025
4	8	4.90	-0.050	5.15	0.025	5.25	0.025
5	10	4.95	0.025	5.10	-0.025	5.29	0.020
6	12	4.73	-0.110	5.10	0.000	5.28	-0.005
7	14	4.85	0.060	5.10	0.000	5.29	0.005
8	16	4.70	-0.075	5.15	0.025	5.30	0.005
9	18	4.75	0.025	5.10	-0.025	5.31	0.005
10	20	4.70	-0.025	5.10	0.000	5.30	-0.005



(1) 我們認為鐵在耗氧時，水柱應該是上升的，但在 1 克鐵粉的耗氧數據中，水柱卻是下降的，似乎有些不合理。我們試著解釋這個現象：我們發現只要溫度微微上升，空氣體積膨脹會使水柱下降，而鐵的耗氧是放熱反應，可能是空氣體積受熱膨脹效應大於耗氧壓力變小的效應，所以才使水柱下降。如果這個推理正確，那麼 2 克的鐵粉空氣體積受熱膨脹效應約等於耗氧壓力變小的效應，3 克的鐵粉空氣體積受熱膨脹效應約小於耗氧壓力變小的效應，而鐵粉量越多，是有助於增加鐵的耗氧速率。

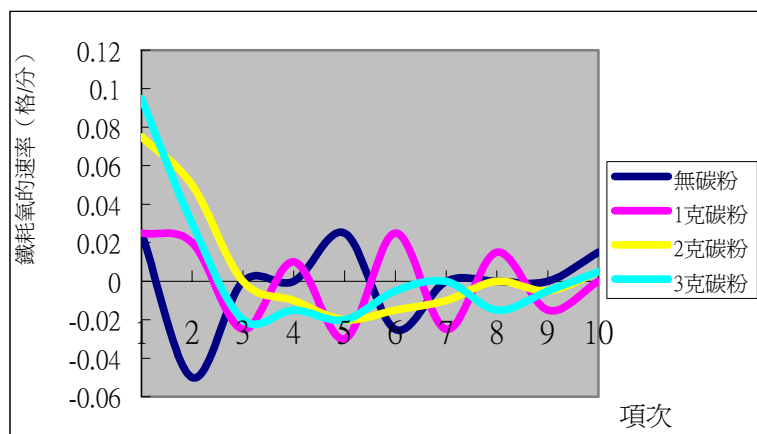
(2) 如果我們一味提高鐵粉量，來增加鐵的耗氧速率，並不符合經濟效益，也不是最佳的方式，所以我們想利用一些添加物來增加鐵耗氧的速率。由於 2 克的鐵粉空氣體積受熱膨脹效應約等於耗氧壓力變小的效應，並且 2g 的鐵粉量是足夠耗掉 500ml 的 O<sub>2</sub> 所以我們決定以 2 克鐵粉為基準，改變一些添加物的比例來增加鐵耗氧的速率。

實驗 II、想要了解活性碳粉的比例對鐵耗氧速率的影響

步驟：取 2 克鐵粉分別與 0 克、1 克、2 克及 3 克活性碳粉來測量鐵的耗氧速率，並比較四種配方的反應速率。

結果：實驗數據如下所示。

日期：2 月 7 日		內容物=Fe : C							
項次	時間 (分)	質量 (克)							
		2 : 0		2 : 1		2 : 2		2 : 3	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	5.15		5.00		5.20		5.01	
1	2	5.20	0.025	5.05	0.025	5.35	0.075	5.20	0.095
2	4	5.10	-0.050	5.09	0.020	5.36	0.050	5.26	0.030
3	6	5.10	0.000	5.04	-0.025	5.36	0.000	5.22	-0.020
4	8	5.10	0.000	5.06	0.010	5.34	-0.010	5.19	-0.015
5	10	5.15	0.025	5.00	-0.030	5.30	-0.020	5.15	-0.020
6	12	5.10	-0.025	5.05	0.025	5.27	-0.015	5.14	-0.005
7	14	5.10	0.000	5.00	-0.025	5.25	-0.010	5.14	0.000
8	16	5.10	0.000	5.03	0.015	5.25	0.000	5.11	-0.015
9	18	5.10	0.000	5.00	-0.015	5.24	-0.005	5.10	-0.005
10	20	5.13	0.015	5.00	0.000	5.25	0.005	5.11	0.005



(1) 由此我們可發現活性碳粉對鐵耗氧的影響並不是很大，但我們也能夠發現在 6 分鐘之前，鐵耗氧的反應速率有些許的差別，當(2 克鐵粉、2 克活性碳粉)和(2 克鐵粉、3 克活性碳粉)的配方，有較大的鐵耗氧反應速率。

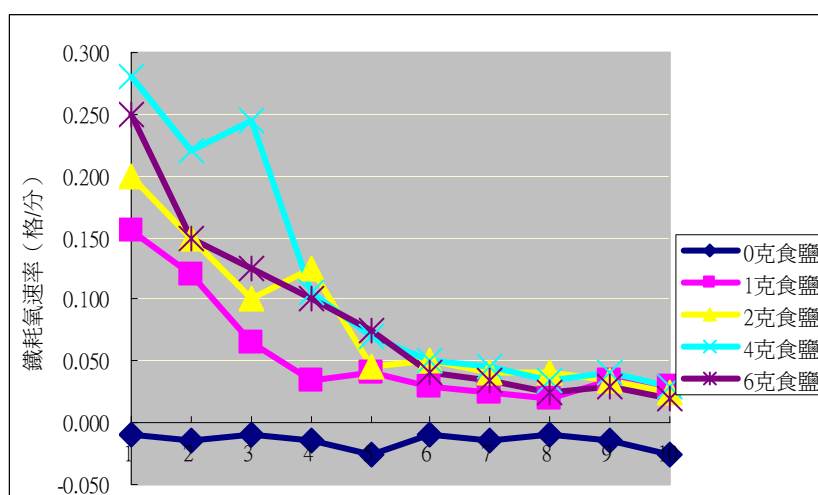
(2) (2克:2克)這個配方的鐵耗氧反應速率,和(2克:3克)這個配方的鐵耗氧反應速率相差不大,所以我們決定以2克鐵粉、2克活性碳粉這樣的比例為基礎,再尋求另一藥品與其搭配比例,以提高鐵耗氧的反應速率。

### 實驗III、想要了解食鹽的比例對鐵耗氧速率的影響

步驟：分別取0克、1克、2克、4克、6克的食鹽搭配2克鐵粉先行研磨混均勻混合,再加2克活性碳粉,來測量鐵耗氧的速率,比較四種配方鐵耗氧的速率。

結果：實驗數據如下所示。

日期：2月7日		內容物=Fe : NaCl : C									
項次	時間(分)	質量(克)									
		2:0:2		2:1:2		2:2:2		2:4:2		2:6:2	
		格	反應速率(格/分)	格	反應速率(格/分)	格	反應速率(格/分)	格	反應速率(格/分)	格	反應速率(格/分)
0	0	5.20		5.25		5.03		5.01		5.05	
1	2	5.18	-0.010	5.56	0.155	5.43	0.200	5.57	0.280	5.55	0.250
2	4	5.15	-0.015	5.80	0.120	5.73	0.150	6.01	0.220	5.85	0.150
3	6	5.13	-0.010	5.93	0.065	5.93	0.100	6.50	0.245	6.10	0.125
4	8	5.10	-0.015	6.00	0.035	6.18	0.125	6.71	0.105	6.30	0.100
5	10	5.05	-0.025	6.08	0.040	6.27	0.045	6.85	0.070	6.45	0.075
6	12	5.03	-0.010	6.14	0.030	6.37	0.050	6.95	0.050	6.53	0.040
7	14	5.00	-0.015	6.19	0.025	6.45	0.040	7.04	0.045	6.60	0.035
8	16	4.98	-0.010	6.23	0.020	6.53	0.040	7.11	0.035	6.65	0.025
9	18	4.95	-0.015	6.30	0.035	6.60	0.035	7.19	0.040	6.71	0.030
10	20	4.90	-0.025	6.36	0.030	6.65	0.025	7.25	0.030	6.75	0.020



(1) 我們採用每次增加1倍食鹽的方式,來找出對鐵耗氧速率的關係。結果我們發現有加食鹽,的確可以提高反應速率,而且4克食鹽在十分鐘前有較快的反應速率,甚至比6克食鹽對鐵耗氧有較快的反應速率。

(2) 所以2克鐵粉、4克食鹽、2克活性碳粉的比例對鐵耗氧有較快的反應速率。

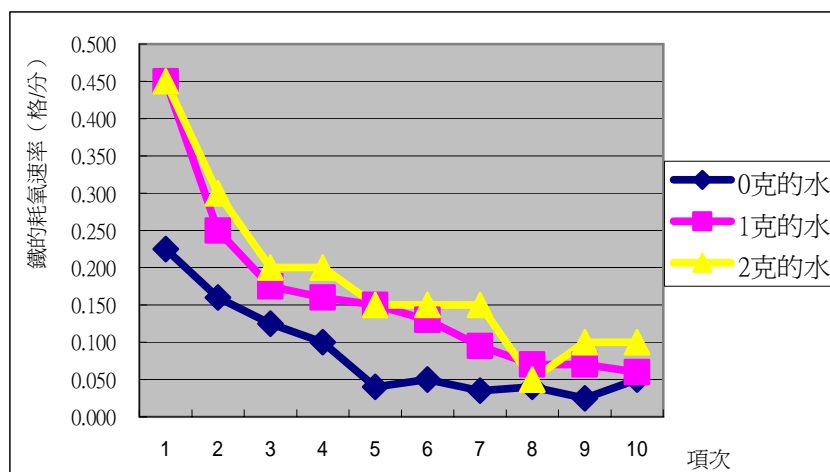


實驗IV、想要了解水量的多寡對鐵耗氧速率的影響

步驟：(1)固定鐵粉 2 克+食鹽 4 克(先行研磨混均勻混合)、活性碳粉 2 克質量，  
(2)改變各次水質量為 0 克、1 克、2 克來測量比較鐵的耗氧速率。

結果：實驗數據如下所示。

日期：2月7日		內容物=Fe:NaCl:C:H <sub>2</sub> O					
項次	時間 (分)	質量(克)					
		2:4:2:0		2:4:2:1		2:4:2:2	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	4.98		5.13		5.20	
1	2	5.43	0.225	6.03	0.450	6.10	0.450
2	4	5.75	0.160	6.53	0.250	6.70	0.300
3	6	6.00	0.125	6.88	0.175	7.10	0.200
4	8	6.20	0.100	7.20	0.160	7.50	0.200
5	10	6.28	0.040	7.50	0.150	7.80	0.150
6	12	6.38	0.050	7.76	0.130	8.10	0.150
7	14	6.45	0.035	7.95	0.095	8.40	0.150
8	16	6.53	0.040	8.09	0.070	8.50	0.050
9	18	6.58	0.025	8.23	0.070	8.70	0.100
10	20	6.68	0.050	8.35	0.060	8.90	0.100



- (1) 關於水量對鐵耗氧的影響，我們採取 1 克 1 克增加的方法來嘗試比較之間的反應速率，發現有加水比沒有加水的狀況，反應更快。
- (2) 比較 1 克水及 2 克水的配方狀況，其反應速率並沒有明顯的差異。
- (3) 所以我們建議，在脫氧藥品的處理上，500ml 中只需要採用鐵粉 2 克、食鹽 4 克、活性碳粉 2 克及水質量 1 克的比例，即可達到預期的效果。

實驗 V、想要了解脫氧包內容物(o-busterFT-20c.c.型置放於空氣中三週以上)有無搭配 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水對鐵耗氧速率是否有影響？

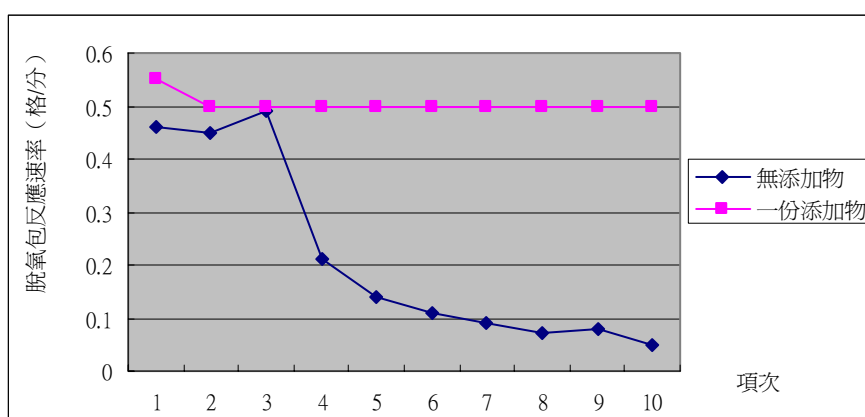
脫氧包重量 (每包)	
已反應超過三星期	未反應 (剛拆封)
平均約 2.30 克	平均約 1.70 克

步驟：1. 取脫氧包內容物 1 包測量鐵耗氧速率。

2. 取脫氧包內容物 1 包搭配 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水測量鐵耗氧速率。

結果：實驗數據如下所示。

2 月 14 日		內容物=脫氧包: (4 克食鹽, 2 克活性碳, 1 克水)			
項次	時間 (分)	1 包(2.33g): 0 份		1 包(2.31g): 1 份	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	5.15		5.10	
1	2	5.61	0.46	5.65	0.55
2	4	6.06	0.45	6.15	0.50
3	6	6.55	0.49	6.65	0.50
4	8	6.76	0.21	7.15	0.50
5	10	6.90	0.14	7.65	0.50
6	12	7.01	0.11	8.15	0.50
7	14	7.10	0.09	8.65	0.50
8	16	7.17	0.07	9.15	0.50
9	18	7.25	0.08	9.65	0.50
10	20	7.30	0.05	10.15	0.50



- (1) 在 6 分鐘以前有無添加物反應速率差距不大，但在 6 分鐘之後脫氧包內容物 1 包 (約 2.30g) 搭配 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水的反應速率較快，且較穩定持久。
- (2) 所以脫氧包內容物在搭配上 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水後對鐵耗氧速率有提高的作用。

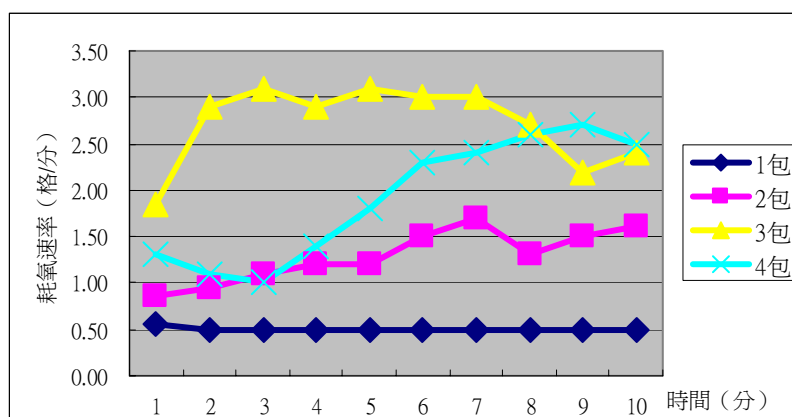
實驗VI、o-buster 脫氧包數(o-busterFT-20c. c. 型置放於空氣中三週以上)搭配 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水對鐵耗氧速率的影響。

步驟：以下所用脫氧劑為 o-buster 公司出品(FT-20c. c. 型)；實驗分別取 1 包、2 包、3 包、4 包搭配(4 克 NaCl，2 克 C，1 克水)測量鐵耗氧速率。

結果：實驗數據如下所示。

由實驗中可以發現 3 包的 o-buster 脫氧包內容物搭配 4 克食鹽，2 克活性碳，1 克水有較快的反應速率。

日期：2 月 14 日		內容物=脫氧包：4 克 NaCl:2 克 C:1 克水							
項次	時間 (分)	比例							
		1 包 (2.27g)		2 包 (4.58g)		3 包 (6.87g)		4 包 (9.22g)	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	5.10		5.05		5.10		5.20	
1	1	5.65	0.55	5.90	0.85	6.95	1.85	6.50	1.30
2	2	6.15	0.50	6.85	0.95	9.85	2.90	7.60	1.10
3	3	6.65	0.50	7.95	1.10	12.95	3.10	8.60	1.00
4	4	7.15	0.50	9.15	1.20	15.85	2.90	10.00	1.40
5	5	7.65	0.50	10.35	1.20	18.95	3.10	11.80	1.80
6	6	8.15	0.50	11.85	1.50	21.95	3.00	14.10	2.30
7	7	8.65	0.50	13.55	1.70	24.95	3.00	16.50	2.40
8	8	9.15	0.50	14.85	1.30	27.65	2.70	19.10	2.60
9	9	9.65	0.50	16.35	1.50	29.85	2.20	21.80	2.70
10	10	10.15	0.50	17.95	1.60	32.25	2.40	24.30	2.50



## (2) 製備二氧化碳包的配藥調整

實驗目的：想要了解 5 克的檸檬酸和 3 克小蘇打粉產生二氧化碳的速率如何？及加水是否有助其反應？

實驗步驟：(1) 取檸檬酸和小蘇打粉測量產生二氧化碳的速率。

(2) 取檸檬酸和小蘇打粉及水測量產生二氧化碳的速率。

(3) 藥品量的決定：以化學計量來做計算(康軒版第四冊第一章)

檸檬酸  $C_6H_8O_7$  分子量 =  $6 \times 12 + 8 \times 1 + 7 \times 16 = 192$

碳酸氫鈉  $NaHCO_3$  分子量 =  $23 + 1 + 12 + 3 \times 16 = 84$

由  $PV = nRT$  :  $P=1$  大氣壓  $V=0.5$  公升  $R=0.082$   $T=273+25(25^\circ C)$

$1 \times 0.5 = n \times 0.082 \times 298$   $n$  約 0.02 莫耳

所以，二氧化碳佔滿整個錐形瓶時分子數約為 0.02 莫耳

由反應式  $H^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_2 + H_2O$

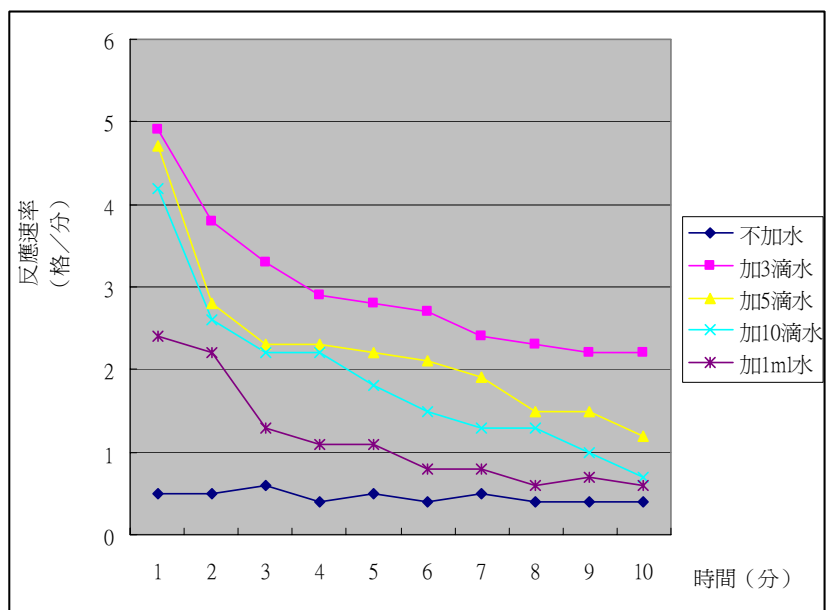
則欲產生 0.02 莫耳的  $CO_2$ ，需要 0.02 莫耳酸和 0.02 莫耳碳酸氫鈉反應

因此至少需取檸檬酸：3.84 克；碳酸氫鈉：1.68 克

考慮到藥品只可多不可以少，加上檸檬酸是三質子酸，且為弱酸，因此我們決定實際實驗的量取為：5 克的檸檬酸和 3 克小蘇打粉。

實驗結果：實驗結果如下。

2月14日		內容物=檸檬酸：小蘇打：水									
項次	時間 (分)	5克：3克：0滴		5克：3克：3滴		5克：3克：5滴		5克：3克：10滴		5克：3克：1ml	
		格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)	格	反應速率 (格/分)
0	0	45.3		44.1		45.1		45.6		44.8	
1	1	44.8	0.5	39.2	4.9	40.4	4.7	41.4	4.2	42.4	2.4
2	2	44.3	0.5	35.4	3.8	37.6	2.8	38.8	2.6	40.2	2.2
3	3	43.7	0.6	32.1	3.3	35.3	2.3	36.6	2.2	38.9	1.3
4	4	43.3	0.4	29.2	2.9	33.0	2.3	34.4	2.2	37.8	1.1
5	5	42.8	0.5	26.4	2.8	30.8	2.2	32.6	1.8	36.7	1.1
6	6	42.4	0.4	23.7	2.7	28.7	2.1	31.1	1.5	35.9	0.8
7	7	41.9	0.5	21.3	2.4	26.8	1.9	29.8	1.3	35.1	0.8
8	8	41.5	0.4	19	2.3	25.3	1.5	28.5	1.3	34.5	0.6
9	9	41.1	0.4	16.8	2.2	23.8	1.5	27.5	1.0	33.8	0.7
10	10	40.7	0.4	14.6	2.2	22.6	1.2	26.8	0.7	33.2	0.6



- (1) 我們發現 5 克的檸檬酸和 3 克小蘇打粉再加 3 滴水有產生二氧化碳的速率變得較為迅速，比起不加水的狀況，有超過 5 倍以上的速率。
- (2) 加水有助於反應的進行，但是我們加水 3-5 滴的結果最好，當加入 1ml 水時，出現反應速率反而有下降的情形，我們推測可能是由於反應過快，在放入錐形瓶前反應已經開始進行，所以在瓶內的反應反而不明顯了。
- (3) 因此二氧化碳的調氣配方建議最好是 5 克的檸檬酸+3 克小蘇打粉+3 滴水。

### 實驗三、新式調氣配方之比較

#### (一)我們的疑問

將我們調製出來的調氣藥品配方，應用在實際草莓的保存上，究竟會有什麼樣的效果？與抗壞血酸系的調氣包在實用上又會有什麼樣的差異呢？

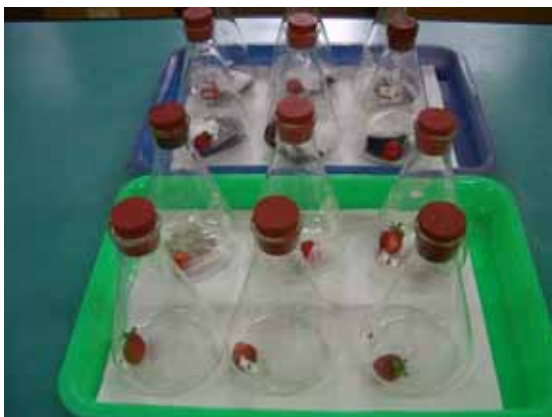
#### (二)實驗假設

1. 應用調氣包裝方式可以延長草莓的保存期限。
2. 自製調氣包與抗壞血酸系調氣包對於草莓的保存上沒有差異。
3. 置入鐵粉與置入 o-buster 內容物的自製調氣包對於草莓的保存上沒有差異。

#### (三)實驗設計

我們決定將本次實驗分成四種處理方式，同時每個處理中皆以同樣模式設置成三瓶，盡量減少草莓取樣上可能造成的誤差，以下是四種處理方式中，調氣藥品的成分：

處理模式	瓶號	調氣藥品處理
一	1	無調氣小包
	2	
	3	
二	4	抗壞血酸鈉 1.60 g                      碳酸氫鈉 2.60g
	5	碳酸鈉(含 10 個結晶水) 6.00g
	6	硫酸亞鐵(含 7 個結晶水) 3.40g
三	7	鐵粉 2 克+食鹽 4 克+活性碳粉 2 克+水 1ml 檸檬酸 5 克+蘇打粉 3 克+3 滴水
	8	
	9	
四	10	o-buster 脫氧包三包內容物(已置放於空氣中三週以上，約 6.90 克)+食鹽 4 克+活性碳粉 2 克+水 1ml 檸檬酸 5 克+小蘇打粉 3 克+3 滴水
	11	
	12	



針對實驗過程的草莓，除了進行文字紀錄以及相片紀錄外，我們四個人決定選定一個評分標準來進行評選，以便實驗後進行比較，依據先前實驗的結果，評分的標準訂定如下：

評分	7	6-5	4-3	2-1	0
等級	優	佳	良	差	劣
判斷參考標準	無暇疵、斑點 外觀完整 顏色為新鮮紅色	顏色略褪色 出現小型白點或斑點(斑點少於3點，每點直徑小於3mm)無菌絲	顏色褪色，外觀略縮或有滲出水。出現較大型黑斑點或腐爛(任一斑點超過直徑3mm)，有菌絲(佔整顆1/3以下)	顏色極差 大量黑點，或超過半顆呈現腐爛 有菌絲(佔整顆1/3-1/2)	外形已不完整，整顆泛黑萎縮，超過半顆呈現腐爛 有菌絲(佔整顆超過1/2)

主觀意識造成差異的部份，我們希望透過評分標準的參考界定，以及四人評分的平均，將誤差的部份盡量減到最小。















#### (四)實驗結果

就是我們依據逐日評分後平均的分數統計表。草莓拍照記錄的部分，將各瓶分別抽取第一天、第七天及結束(第九天)三張，整理如下頁所示(P. 15-16)。

日期 編號		221	222	223	224	225	226	227	228	229
		處理一	1	7.00	7.00	6.00	4.25	0.25	0.00	0.00
	2	7.00	6.25	5.25	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	7.00	4.25	3.75	2.50	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
處理二	4	7.00	7.00	6.75	6.75	6.50	6.25	6.25	6.00	5.33
	5	7.00	7.00	5.25	3.25	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00
	6	7.00	7.00	5.75	4.50	2.50	2.25	1.25	0.00	0.00
處理三	7	7.00	7.00	7.00	6.50	6.00	6.00	6.00	3.75	2.00
	8	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.50	6.50	5.50	4.33
	9	7.00	7.00	7.00	6.50	6.25	6.25	5.00	2.00	0.00
處理四	10	7.00	7.00	7.00	7.00	6.50	5.75	5.25	4.50	2.33
	11	7.00	7.00	7.00	7.00	6.25	6.00	4.75	2.50	1.67
	12	7.00	7.00	5.75	5.00	3.75	3.75	3.50	1.75	0.67

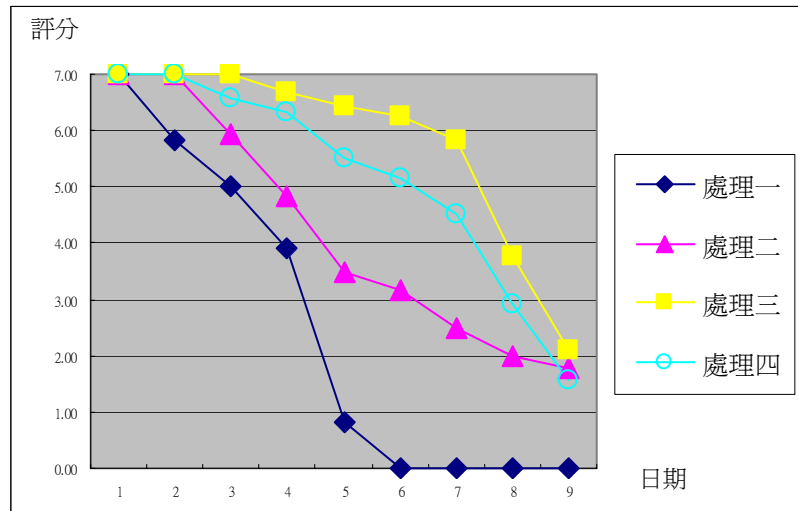
2月21日	2月27日	2月29日
		
		
		
		
		
		



2月21日	2月27日	2月29日
		
		
		
		
		
		

將各個處理中的三個實驗瓶，其評比結果進行平均，結果如下：

日期	221	222	223	224	225	226	227	228	229
處理一	7.00	5.83	5.00	3.92	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00
處理二	7.00	7.00	5.92	4.83	3.50	3.17	2.50	2.00	1.78
處理三	7.00	7.00	7.00	6.67	6.42	6.25	5.83	3.75	2.11
處理四	7.00	7.00	6.58	6.33	5.50	5.17	4.50	2.92	1.56



由上圖可以明顯的看出，處理一的草莓(沒有調氣處理)敗壞的速度很快，至第六天即在評分上已達 0 分，而處理二、三、四則均能減緩草莓腐壞衰敗的速度，但是處理三及處理四明顯的優於處理二；四種處理中，以處理三所能達到的效果最好。

由上述實驗結果，可知應用我們的構想所設計出來的調氣小包對於草莓的保存是明顯有用的，同時在實驗比較上甚至優於抗壞血酸系的包裝。另外將實驗室的鐵粉(處理三)更換為平常生活中回收的脫氧包(處理四)來進行處理，結果發現處理三的效果雖較好，但兩者處理上的結果差距並不大，因此，將整個調氣小包的藥品更換為生活中較易取得的處理四，其處理結果是可以被接受的。

#### 實驗四、應用調氣包裝於保鮮盒實驗

##### (一)我們的疑問

將此配方應用在實際家用保鮮盒上，究竟會有什麼結果，是不是也能達到預期的功效，延長草莓的保存期限？

##### (二)實驗假設

1. 自製調氣藥包可以應用於實際生活上密封保鮮盒的包裝，延長草莓的保存期限。
2. 脫氧及製備二氧化碳的藥品，擴大成五倍後的量，裝成各一包與裝成各五包的結果不會有明顯的差異。

##### (三)實驗設計

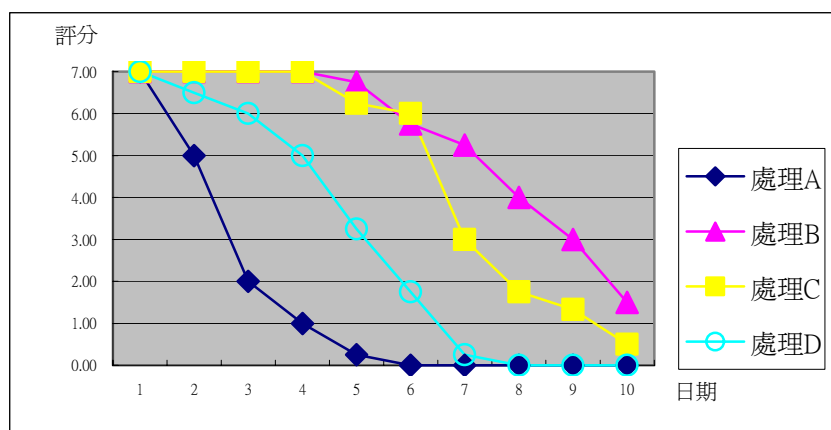
為了實際比較在家用保鮮盒中保存的效果，於是我們於大賣場中購買了較大型較適用的透明保鮮盒，進行本次實驗，同時在調氣小包中的藥品即以前次實驗後決定的量為標準。

由於透明保鮮盒的體積約為 2500ml，因此將調氣小包藥品的量放大五倍，各組的藥品及密封處理如下表所示：

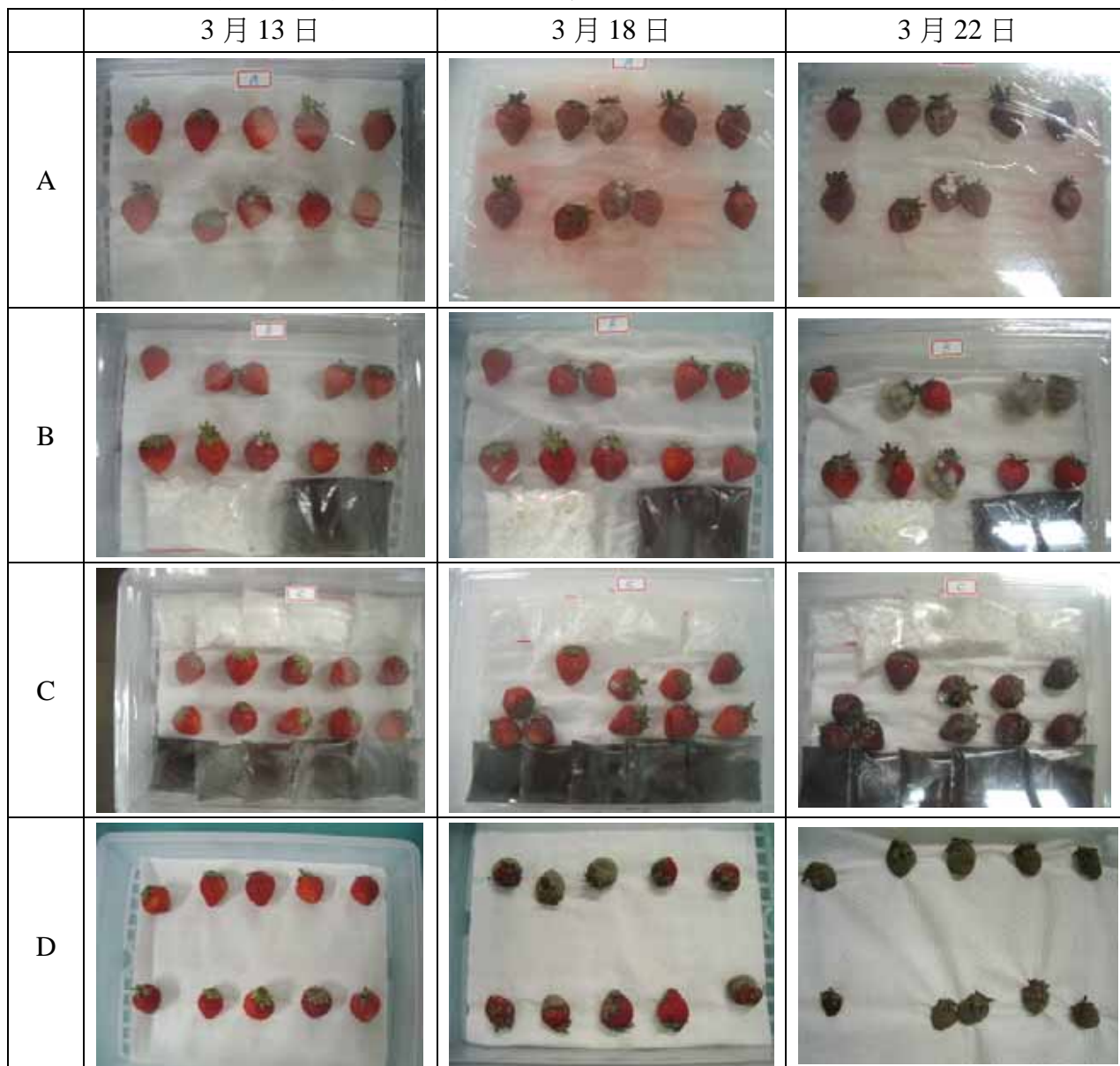
	調氣藥品	密封處理
處理 A	無調氣小包	兩層保鮮膜 蓋子密封
處理 B	將 5 倍脫氧藥品放於一個六號夾鏈袋 將 5 倍製二氧化碳藥品放於一個六號夾鏈袋	兩層保鮮膜 蓋子密封
處理 C	5 包脫氧藥品包 (2 號夾鏈袋) 5 包製二氧化碳藥品包 (2 號夾鏈袋)	兩層保鮮膜 蓋子密封
處理 D (空白)	無調氣小包	無保鮮膜 無加蓋

每個處理中均放入 10 顆草莓，草莓的處理方式與前面的實驗相同，在所有保鮮盒處理妥當後，置於室溫下(同一置物櫃中)，每人每日進行文字紀錄描述及分數評比，並進行拍照，以供最後之比較，共紀錄 10 天，以下為整理後之文字記錄及評比記錄。將四個人的評比分數進行平均後，結果如下：

日期	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322
A	7.00	5.00	2.00	1.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	7.00	7.00	7.00	7.00	6.75	5.75	5.25	4.00	3.00	1.50
C	7.00	7.00	7.00	7.00	6.25	6.00	3.00	1.75	1.33	0.50
D	7.00	6.50	6.00	5.00	3.25	1.75	0.25	0.00	0.00	0.00



以下為選取其中第一天、第六天、第十天(結束)圖片進行呈現，文字統整敘述如下：



組別	文字綜合敘述
處理 A	第二天開始，部分草莓即出現滲出液及一些菌絲，第三天後即有明顯潰爛的現象，至第六天後，已經慘不忍睹了。
處理 B	直至第八天有一顆草莓出現明顯腐壞現象，第九天後有明顯菌絲，至結束時每顆草莓上或多或少都出現了一些菌絲，但色澤上相較於其它三組則仍維持在較鮮豔的紅色。
處理 C	自始至終均沒有明顯腐敗發霉的跡象，只是到第七天後草莓顏色明顯轉黑，至實驗結束時，草莓略有萎縮，且顏色呈現暗沉的黑紅色。
處理 D	原為空白對照組，但不密封的狀態下，草莓在前三天的狀態仍然維持有良好的外觀，且無明顯變壞的跡象，第四天後迅速下滑，不但很快出現菌絲，且所有草莓都有發霉的現象，只是在未密封的狀態下，草莓有萎縮變小的情形。

由文字記錄及圖表可看出，我們的調氣小包應用在實際的保鮮盒時，同樣也能發揮延長草莓保存期限的功用，用一大包的方式(處理B)跟五小包的方式(處理C)在結果的差距並不大，但是若要硬性區分的話，一大包的方式(處理B)在評分上較高。

## 陸、討論

1. 草莓生長季短(約為11月至隔年4月)，因此無法進行更多次實驗比較，且各次草莓的條件都不一樣，因此各次實驗皆需以同一批草莓進行對照組實驗，否則無法比較。
2. 本次實驗僅以草莓為進行討論，未來也可考慮換用其它水果來進行比較。
3. 在製備二氧化碳時，加水有助於反應的進行，但是我們加水超過10滴時，反應非常快速，因此當我們將藥包放入錐形瓶時，所測得的反應速率反而變成不明顯了，也因此紀錄到的數據就不具意義了，同時為了方便後面的處理(反應不能太快)，所以我們決定二氧化碳的調氣配方建議最好是5克的檸檬酸和3克小蘇打粉再加3滴水。
4. 草莓在最後顏色轉黑的情形，無法確定是草莓的代謝異常，或者是酵素作用所造成，可以再以後續的實驗來進行討論。
5. 實驗用的o-buster脫氧劑，在實驗時皆經過三週以上直接置於空氣中，為的即是能盡量與現實生活中的情形相同，也就是在脫氧劑使用過後回收，經過我們的處理還能有效果，才是我們追求的目標。
6. 由於實驗器材的限制，因此我們無法得知最後氧氣與二氧化碳所佔比例的變化，未來若能發展出簡易的儀器來進行測量的話，將更能增加相關資料的佐證。
7. 實驗以脫氧及產生二氧化碳速率為考量，但是在放大至2500ml保鮮盒後，藥品的量相較之下顯得有點多，如果能再降低藥品的使用量，則實用性應會更佳。
8. 參考資料所應用之抗壞血酸系調氣藥包，在本次實驗所得到的結果並不理想，可能的原因是，我們使用的是500ml的錐形瓶，在直接將藥品量放大二倍後的效果不如原來實驗所形成的效果。

## 柒、結論

1. 應用(脫氧+製備二氧化碳)的調氣方式來進行草莓的保存在實驗中證實是有效的。
2. 脫氧的反應中，以[o-busterFT-20c.c.型脫氧包三包內容物(已置放於空氣中三週以上，約6.90克)+食鹽4克+活性碳粉2克+水1ml]的速率最佳。
3. 在製備二氧化碳的反應中，以[檸檬酸5克+小蘇打粉3克+3滴水]的速率最好。
4. 應用我們所設計的調氣藥品(脫氧：o-buster脫氧包三包+食鹽4克+活性碳粉2克+水1ml；製備二氧化碳：小蘇打粉5克+檸檬酸3克+3滴水)來進行實驗，在實驗中證實是可行的，同時在效果上，大約可以維持一週左右的時間保持在較佳的狀況。

## 捌、參考資料及其他

1. 國中自然與生活科技課本(92年版)，第3冊第2章物質與能，第4章壓力與浮力，第4章化學變化；第4冊第4章食品與材料科學，第5章酸與鹼，康軒出版社。
2. 網路資料--水果貯藏保鮮技術的進展 <http://www.fruits.ha.cn/wzcl/lt/technology.htm>。
3. 網路資料--o-buster脫氧劑網站<http://www.o-buster.com/>。
4. 賴昭友(2000)《調氣包裝之研究及其於草莓包裝之應用》。台灣大學食品科學所碩士論文。

## 評語

030207 國中組化學科

為草莓族打氣！--探討如何利用化學調氣方法延長草莓的保存期限

努力結果實用性可以，變因也有控制，概念知識有待深切了解。