

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

佳作

080209

「鈉」「纖」粘，我們一起喝的果汁

學校名稱：新北市三重區集美國民小學

|   |                     |
|---|---------------------|
| 作者：<br>小五 蘇于瑄<br>小五 溫婕妤<br>小五 謝妤靖<br>小五 陳昱仁 | 指導老師：<br>陳怡靜<br>何佳玲 |
|---|---------------------|

關鍵詞：羧甲基纖維素鈉、果汁、粘稠劑

# 「鈉」「纖」粘，我們一起喝的果汁

## 摘要

塑化劑風暴使大家對食品添加物感到恐慌，在常見的果汁添加物中，「羧甲基纖維素鈉」令我們感到好奇。我們從網路蒐集資料，進行溶解及自製粘度計測試，對果汁添加羧甲基纖維素鈉的原因提出假設與實驗：包含會改變其它添加物的溶解量嗎？會影響果汁分離、褐變及保存嗎？並嘗試利用硫酸銅水溶液檢測市售果汁所含的羧甲基纖維素鈉；最後探討羧甲基纖維素鈉是否會影響生物(植物)生長。研究結果發現：添加羧甲基纖維素鈉，可以增加果汁的粘稠度及糖溶解量、延緩分離；羧甲基纖維素鈉的『保水』性，能加速黃豆、綠豆發芽，有助空心菜成長。我們期許未來能找出有效檢測羧甲基纖維素鈉的方法。

## 壹、研究動機

去年(民國 100 年)五月發生「塑化起雲劑」事件，引起大家的緊張與討論。我們在網路影片中看到製作「化學果汁」的原料竟然只有水、羧甲基纖維素鈉、檸檬酸、香料和色素！「羧甲基纖維素鈉」這個怪怪名字的東西，在化學果汁中扮演的角色更使我們好奇。我們發現市售包裝果汁也含有「羧甲基纖維素鈉」。為什麼果汁要添加「羧甲基纖維素鈉」呢？它對生物(植物)生長是否有影響？於是配合「五年級上學期自然與生活科技第四單元水溶液」課程，在老師的協助與指導下，我們展開一連串有關「羧甲基纖維素鈉」的有趣實驗。

## 貳、文獻探討

- 一、粘稠劑添加於食品中，可增加食品粘稠性及固形物含量，使食品口感良好。
- 二、認識羧甲基纖維素鈉(Sodium Carboxymethyl Cellulose)
  - (一) 來源：植物纖維，是天然纖維經過化學改性獲得的一種聚陰離子化合物。
  - (二) 化學名：Sodium salt of carboxymethyl ether of cellulose
  - (三) 分子式： $[C_6H_7O_2(OH)_x(OCH_2COONa)_y]_n$
  - (四) 特性：
    1. 白色纖維狀粉末，無臭、無味，具吸濕性。
    2. 溶解水中成透明膠狀液，不溶於乙醇。
    3. 1%CMC 水溶液 pH 值 6.5~8.5。
    4. 具有粘合、增稠、增強、乳化、保水、懸浮等作用。
    5. 0.5%CMC 水溶液與 5%硫酸銅或硫酸鋁溶液作用產生沈澱。
  - (五) 應用：可用於飲料、甜點、果汁、湯汁、醬汁...等；用量 20g/kg 以下。

### 參、研究目的

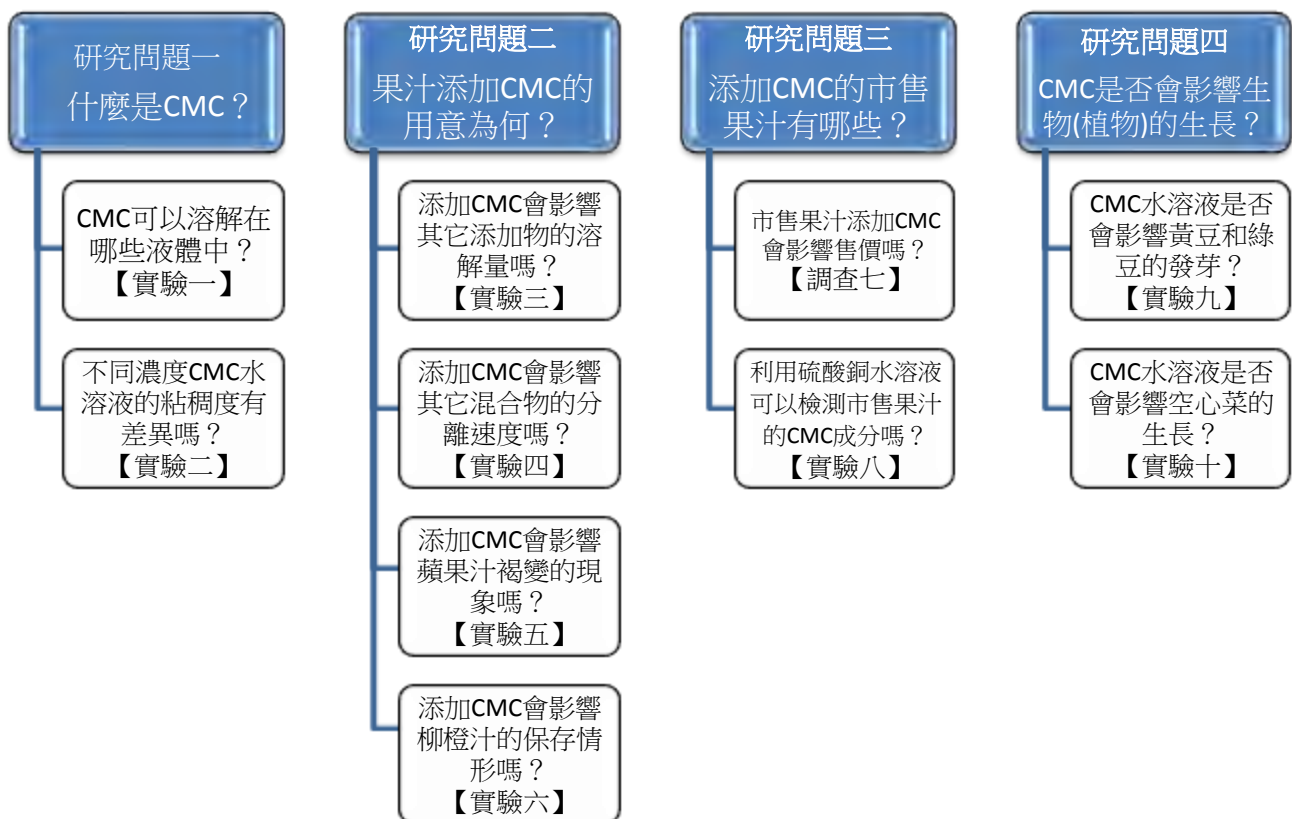
- 一、 瞭解羧甲基纖維素鈉的特性
- 二、 探討市售果汁添加羧甲基纖維素鈉的原因
- 三、 瞭解市售果汁添加羧甲基纖維素鈉的情形
- 四、 探討羧甲基纖維素鈉對生物(以植物為實驗對象)的影響

### 肆、研究設備及器材

- 一、 器具：燒杯、攪拌棒、溫度計、標籤貼紙、上皿天平、量匙、量杯、點滴接管、寶特瓶(含蓋)、果汁機、榨汁機、砧板、水果刀、試管、試管架、試管刷、小型量筒、滴管、碼錶、廣用試紙、廣口瓶、鑷子、棉花、培養皿、電子秤、相機、電腦。
- 二、 材料：羧甲基纖維素鈉(以下簡稱 **CMC**)、水、酒精、醋、食鹽、細砂糖、檸檬酸、小蘇打、可可粉、脫脂奶粉、沙拉油、鮮奶油、柳丁、蘋果、洋菜粉、吉利丁(明膠)、太白粉、黃豆、綠豆、空心菜、硫酸銅、波○蘋果綜合果汁。

### 伍、研究方法與流程

我們透過文獻探討，了解 **CMC** 的來源與應用，以做為研究的參考。研究內容分成四個部分，藉由提出問題與假設，設計**實驗**來驗證，並以實物**調查**蒐集相關資料。



## 陸、研究過程

### 一、瞭解 CMC 的特性

#### 【實驗一】可以溶解 CMC 的液體

##### (一) 方法：

1. 準備八個燒杯，各盛裝 100ml 清水、酒精、醋、沙拉油、5%食鹽水溶液、5%細砂糖水溶液、5%檸檬酸水溶液、5%小蘇打水溶液。
2. 量取 0.5g CMC，分別加入八個燒杯，攪拌並觀察溶解情形。

##### (二) 紀錄：CMC 的溶解情形如下表：

| 溶劑    | 清水 | 酒精 | 醋 | 沙拉油 | 食鹽水溶液 | 細砂糖水溶液 | 檸檬酸水溶液 | 小蘇打水溶液 |
|-------|----|----|---|-----|-------|--------|--------|--------|
| 是否可溶解 | 是  | 否  | 否 | 否   | 是     | 是      | 是      | 是      |

##### (三) 發現：

1. CMC 可溶解於清水及食鹽、細砂糖、檸檬酸、小蘇打水溶液。特別的是，這白細粉末溶解時，就像一團膨脹後慢慢變透明消失的棉花糖呢！
2. CMC 不溶於酒精、醋、沙拉油。
  - (1) CMC 粉末在酒精中沈澱。
  - (2) CMC 粉末懸浮在醋中，不會沈澱，也沒有溶解。
  - (3) CMC 在沙拉油中沈澱呈透明粘稠狀。

##### (四) 討論：

1. CMC 可溶解於食鹽、細砂糖、檸檬酸、小蘇打水溶液。CMC 會影響這些添加物溶解量嗎？進行【實驗三】。
2. 實驗結果 CMC 不溶於酒精和醋，與參考資料相符；推論酒精及醋酸飲料不適合添加 CMC。
3. 實驗發現 CMC 不溶於沙拉油，在沙拉油中呈透明沈澱物。添加 CMC 會影響油質混合物的分離速度嗎？進行【實驗四】。

## 【實驗二】不同濃度 CMC 水溶液的粘稠度

### (一) 方法：

- 1.準備五個寶特瓶，各盛裝 100ml 清水、0.1%CMC 水溶液、0.5%CMC 水溶液、1%CMC 水溶液、2%CMC 水溶液。
- 2.參考維基百科關於粘度的定義：「粘度較高的物質，比較不容易流動；而粘度較低的物質，比較容易流動。」我們利用藥用點滴接管製作簡易粘度計。
- 3.首先接上「清水寶特瓶」，調整點滴控制器的滾輪，將流速固定適當位置。
- 4.以步驟 3 固定的流速，用碼錶計時，依序實驗紀錄其它四個寶特瓶滴入量筒一分鐘的流量。

### (二) 紀錄：

不同濃度 CMC 水溶液的一分鐘流量如下表：(單位：ml)

| 濃度<br>實驗次數 | 0%(清水) | 0.1% | 0.5% | 1%   | 2%   |
|------------|--------|------|------|------|------|
| 第一次        | 27     | 13   | 3.5  | 1.2  | 0.9  |
| 第二次        | 24     | 13   | 5    | 2    | 0.5  |
| 第三次        | 24     | 13   | 4    | 2    | 0.6  |
| 平均流量       | 25     | 13   | 4.17 | 1.73 | 0.67 |

### (三) 發現：

**CMC 濃度愈高，CMC 水溶液流速愈慢，一分鐘流量愈少，水溶液愈粘稠。**

### (四) 討論：

- 1.三次實驗中，第一次實驗都稍有誤差，實驗過程應更嚴謹。
- 2.根據食品添加物使用範圍及限量暨規格標準：「CMC 在食品中的用量為 20g/kg 以下」。實驗發現 2%CMC 水溶液十分粘稠，一般市售果汁 CMC 含量低於 2%。
- 3.參考資料顯示 pH 值 7 時 CMC 粘度最佳，20℃ 以下粘度上升，80℃ 以上粘度下降；如果有足夠時間就能再針對溫度、酸鹼值與衰敗時間等變項，探討 CMC 粘度的變化。

利用藥用點滴接管製作簡易粘度計

(1)



(2)



(3)



(4)



## 二、探討市售果汁添加 CMC 的原因

### 【實驗三】添加 CMC 對於其它添加物溶解量的影響

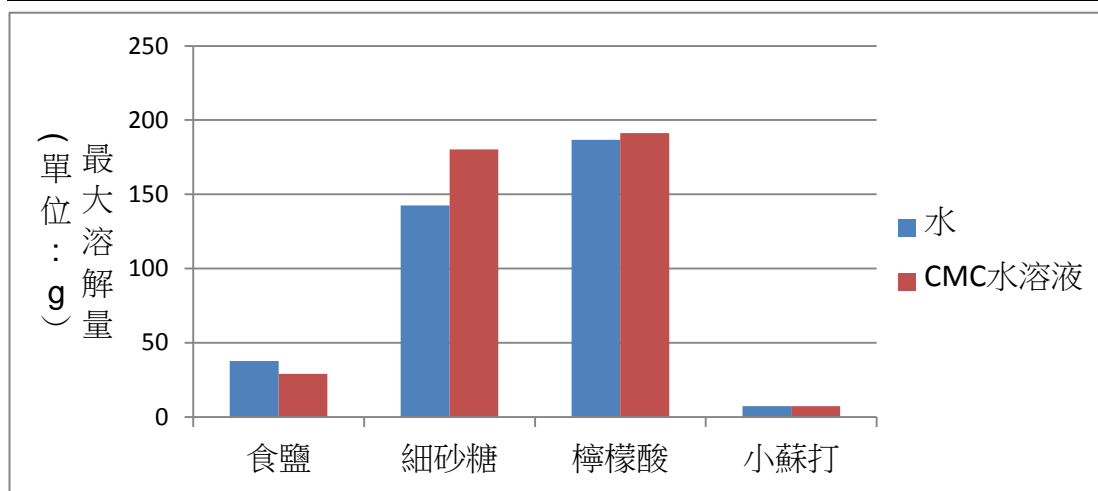
#### (一) 方法：

1. 準備食鹽、細砂糖、檸檬酸、小蘇打等四種常見添加物。
2. 各在兩個燒杯盛裝 100ml 清水及 1%CMC 水溶液。
3. 量取食鹽，分別加入兩個燒杯，直到不能完全溶解，再紀錄計算加入的食鹽重量。
4. 細砂糖、檸檬酸、小蘇打的溶解實驗如上述步驟 2、3。

#### (二) 紀錄：

在室溫下，食鹽、細砂糖、檸檬酸和小蘇打的最大溶解量如下表：(單位：g)

| 添加物     | 食鹽   | 細砂糖   | 檸檬酸   | 小蘇打 |
|---------|------|-------|-------|-----|
| 清水      | 37.7 | 142.4 | 186.8 | 7.3 |
| CMC 水溶液 | 29   | 180.2 | 191.3 | 7.3 |



#### (三) 發現：

1. 添加 CMC，食鹽最大溶解量減少 8.7 g。
2. 添加 CMC，細砂糖最大溶解量增加 37.8 g。
3. 添加 CMC，檸檬酸最大溶解量增加 4.5 g。
4. 添加 CMC，小蘇打最大溶解量無明顯變化。

#### (四) 討論：

1. 攪拌溶解檸檬酸時，我們發現水溶液溫度從 23℃ 降至 18℃；推論檸檬酸溶解時，會吸收熱量，使溫度降低。溶解食鹽、細砂糖和小蘇打時，溫度無明顯變化。
2. 檸檬酸和細砂糖的最大溶解量超過水量一倍以上，我們花非常長的時間才完成實驗；尤其在 CMC 水溶液中，細砂糖溶解量還會再增加許多。推論添加 CMC 可提升飲料的含糖量；進行【調查七】分析市售果汁的添加成分。



### 【實驗四】添加 CMC 對於其它混合物分離速度的影響

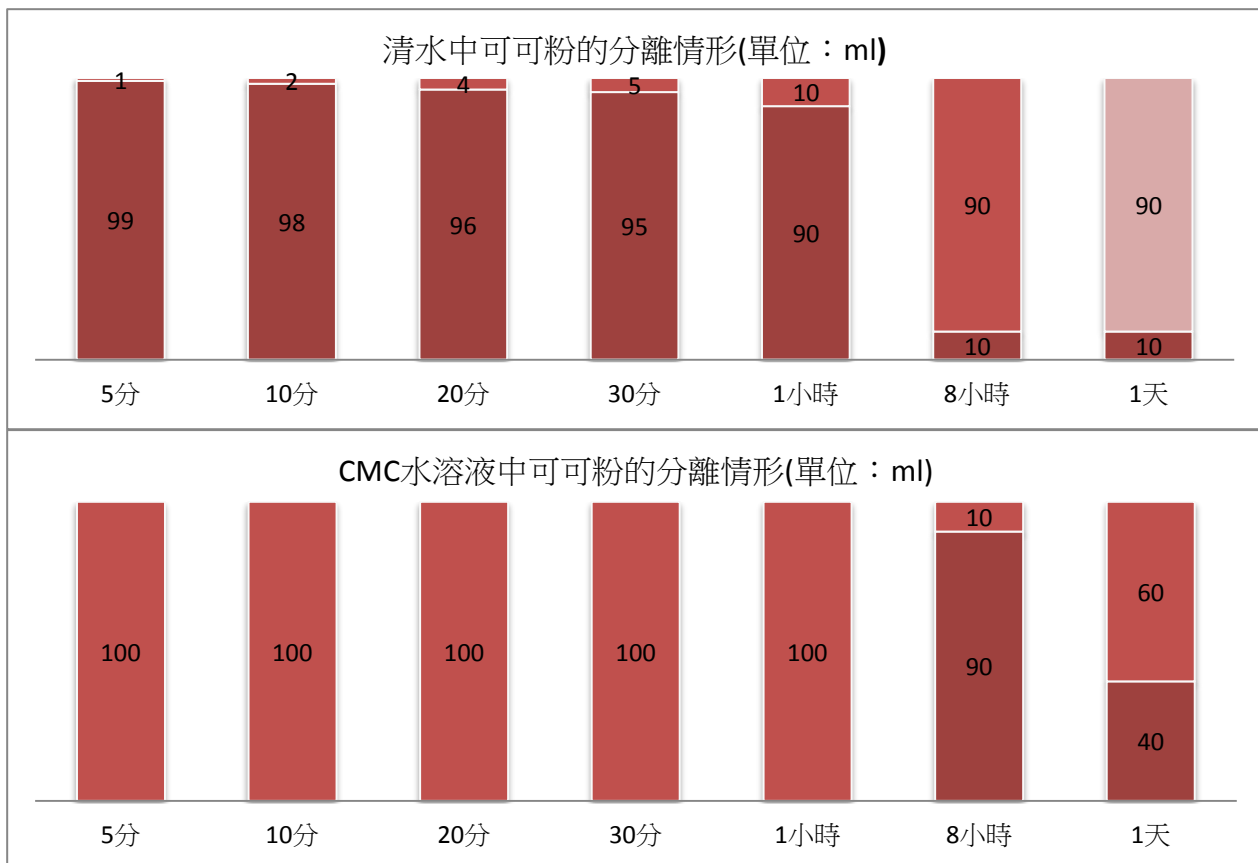
#### 《方法 A》

1. 各在兩個燒杯盛裝 100ml 清水及 1%CMC 水溶液。
2. 量取 5g 可可粉，分別加入兩個燒杯，攪拌均勻，倒入 100ml 量筒靜置，以碼錶計時，每隔五分鐘紀錄可可粉的分離情形。

#### 《紀錄 A》

混合可可粉的分離情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間   | 清水                                | CMC 水溶液                                      |
|------|-----------------------------------|--|
| 5 分  | 量筒 99ml 以下開始沈澱                    | 咖啡色混合液                                       |
| 10 分 | 量筒 98ml 以下沈澱                      |  |
| 20 分 | 量筒 96ml 以下沈澱                      |  |
| 30 分 | 量筒 95ml 以下沈澱                      |  |
| 1 小時 | 量筒 90ml 以下沈澱                      |  |
| 8 小時 | 量筒 10ml 以下沈澱                      |  |
| 1 天  | 可可粉集中沈澱在量筒 10ml 以下，10ml 以上完成分離呈清透 | 量筒 90ml 以下開始沈澱<br>可可粉沈澱在量筒 40ml 以下，40ml 以上混濁 |



#### 《發現 A》

靜置一天，清水中的可可粉大部分集中沈澱於量筒 10ml 以下，以上完全分離呈清透；CMC 水溶液中的可可粉有一些沈澱於量筒 40ml 以下，整體仍很混濁。



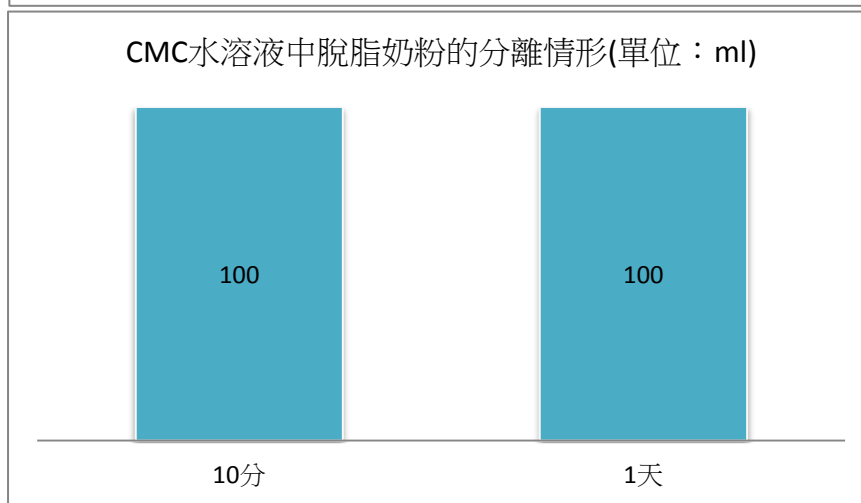
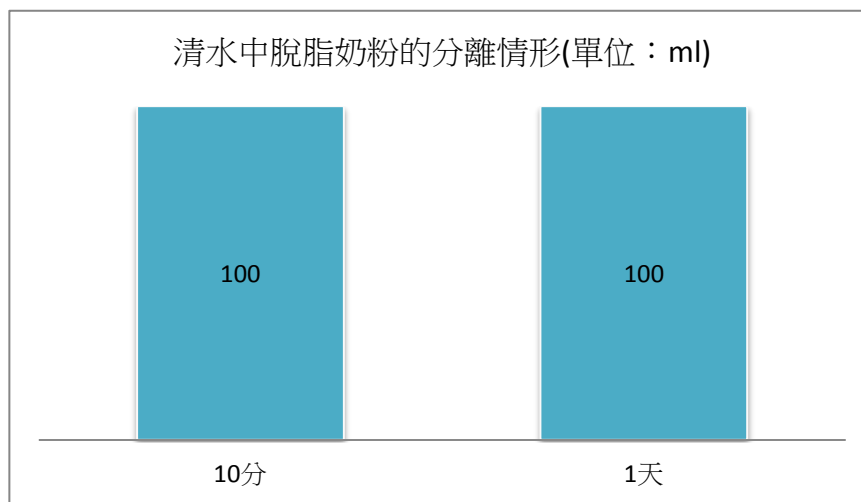
### 《方法 B》

1. 各在兩個燒杯盛裝 100ml 清水及 1%CMC 水溶液。
2. 量取 5g 脫脂奶粉，分別加入兩個燒杯，攪拌均勻，倒入 100ml 量筒靜置，以碼錶計時，每隔五分鐘紀錄脫脂奶粉的分離情形。

### 《紀錄 B》

混合脫脂奶粉的分離情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間  | 清水     | CMC 水溶液 |
|-----|--------|---------|
| 1 天 | 乳白色混合液 | 清白色混合液  |



### 《發現 B》

1. 兩者顏色有些微差異，脫脂奶粉加入 **CMC** 水溶液較有清透感。
2. 脫脂奶粉加入清水呈乳白色，加入 **CMC** 水溶液呈清白色；二天後都無分離。

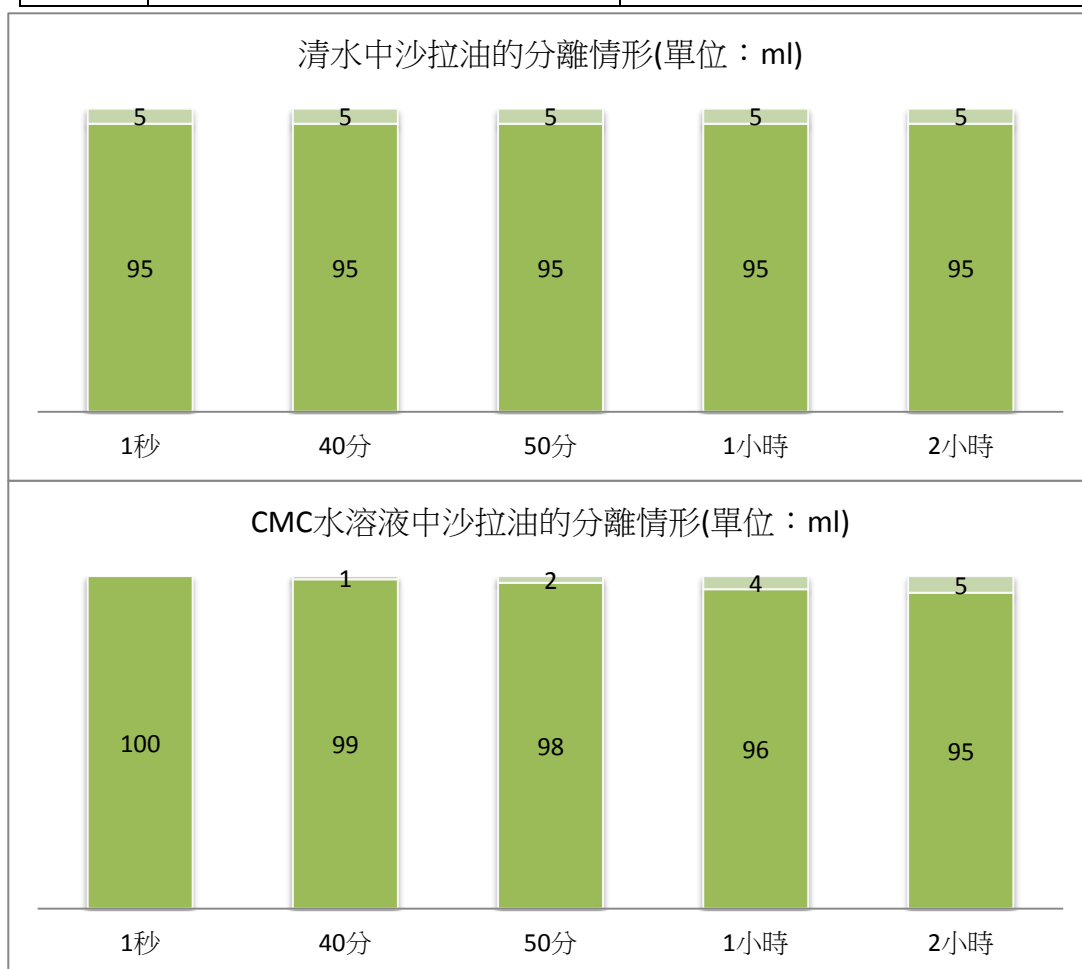
### 《方法 C》

1. 各在兩個燒杯盛裝 95ml 清水及 1%CMC 水溶液。
2. 量取 5ml 沙拉油，分別加入兩個燒杯，攪拌均勻，倒入 100ml 量筒靜置，以碼錶計時，每隔五分鐘紀錄沙拉油的分離情形。

### 《紀錄 C》

混合沙拉油後的分離情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間   | 清水   | CMC 水溶液           |
|------|------|-------------------|
| 1 秒  | 完全分離 | 淡黃色混合液            |
| 10 分 |      |                   |
| 20 分 |      | 出現一層薄浮油           |
| 30 分 |      | 一層薄浮油，懸浮很多小油泡     |
| 40 分 |      | 浮油增厚約 1ml 厚       |
| 50 分 |      | 約 2ml 厚浮油，懸浮很多小油泡 |
| 1 小時 |      | 約 4ml 厚浮油，懸浮一些小油泡 |
| 2 小時 |      | 幾乎完全分離，沒有小油泡      |



### 《發現 C》

沙拉油和水因為密度差異大，分離速度非常快，清水中的沙拉油靜置馬上完全分離；CMC 水溶液中的沙拉油二小時後才完全分離。

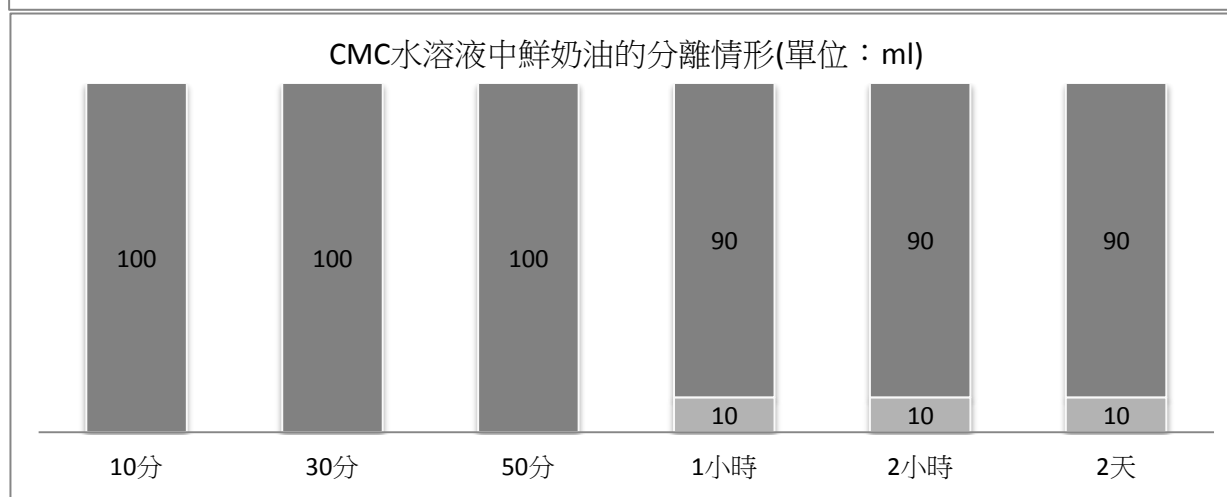
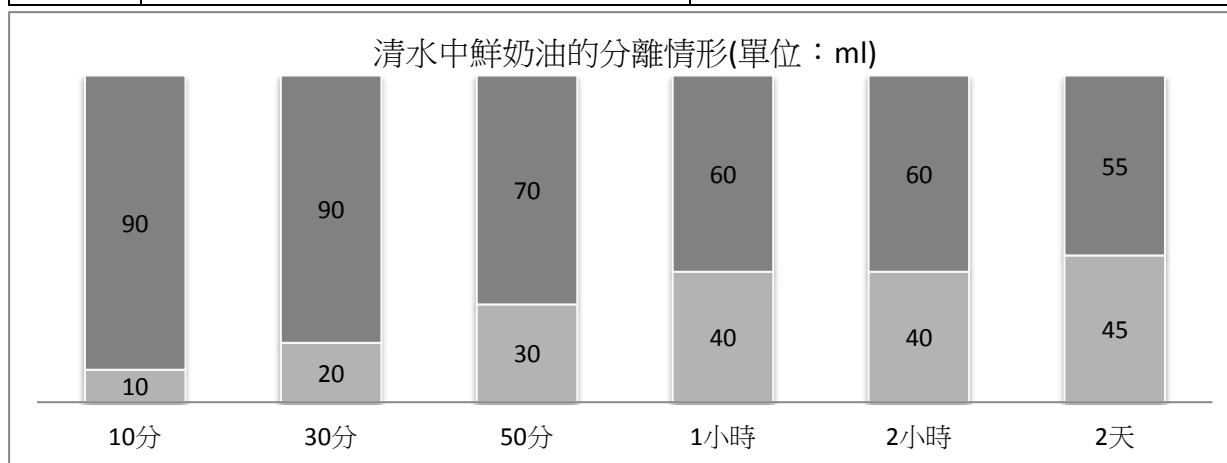
《方法 D》

1. 各在兩個燒杯盛裝 95ml 清水及 1%CMC 水溶液。
2. 量取 5ml 鮮奶油，分別加入兩個燒杯，攪拌均勻，倒入 100ml 量筒靜置，以碼錶計時，每隔五分鐘紀錄鮮奶油的分離情形。

《紀錄 D》

混合鮮奶油後的分離情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間   | 清水                    | CMC 水溶液        |
|------|-----------------------|----------------|
| 10 分 | 量筒 10ml 以下呈清白         | 白色混合液          |
| 30 分 | 量筒 20ml 以下呈清白         |                |
| 50 分 | 量筒 30ml 以下呈清白         |                |
| 1 小時 | 量筒 40ml 以下呈清白         | 量筒 10ml 以下呈清白色 |
| 2 天  | 量筒 45ml 以下呈清白色，以上呈乳白色 |                |



《發現 D》

1. 清水中的鮮奶油 10 分鐘後稍微分離，二天後明顯上下分離；CMC 水溶液中的鮮奶油一小時後稍微分離，二天後無明顯變化。
2. 添加鮮奶油後，液體呈白色不容易觀察。

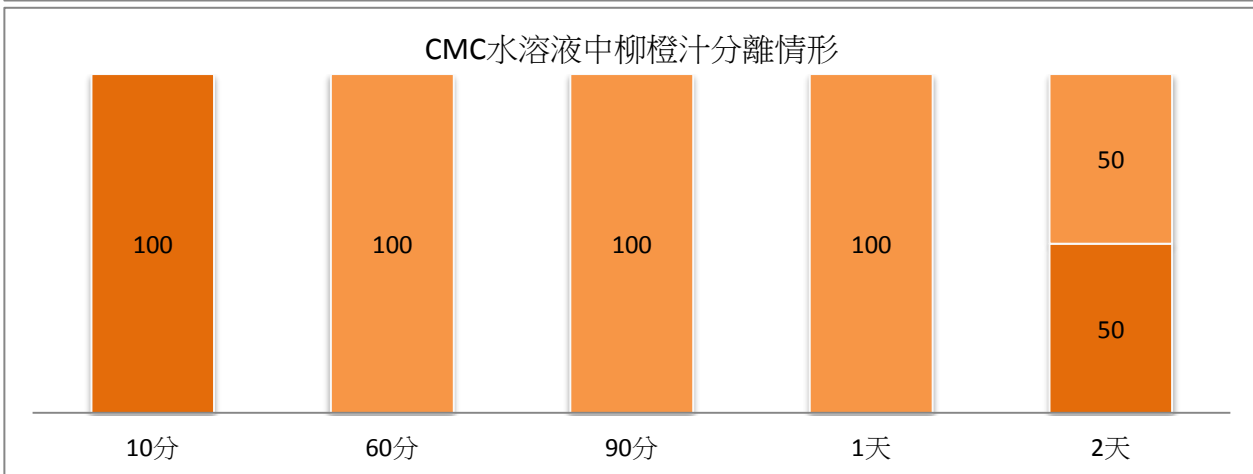
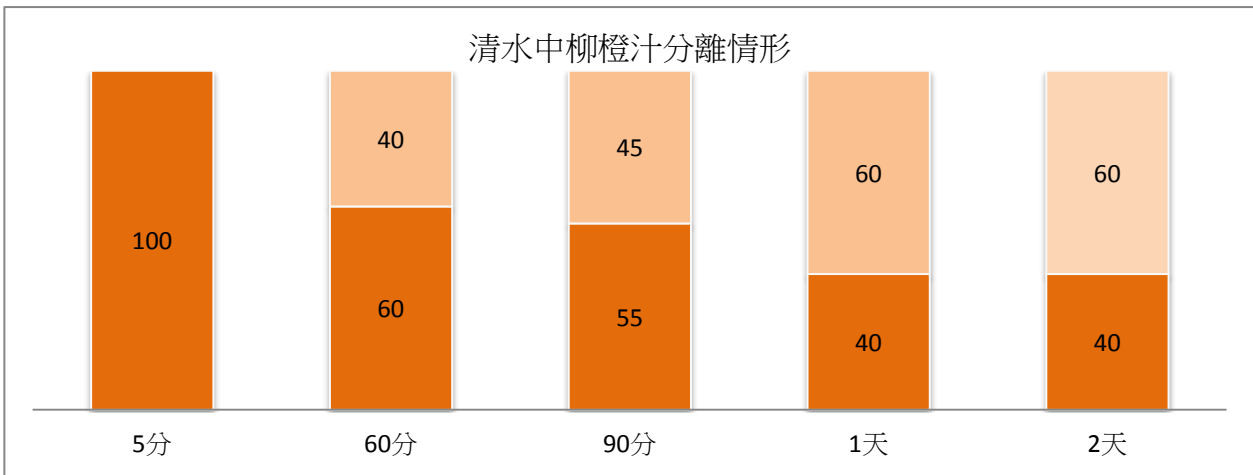
### 《方法 E》

1. 準備柳丁八顆，使用榨汁機榨取柳橙汁。
2. 各在兩個燒杯盛裝 50ml 清水及 1%CMC 水溶液。
3. 量取 50ml 柳橙汁，分別加入兩個燒杯，攪拌均勻，倒入 100ml 量筒靜置，以碼錶計時，每隔五分鐘紀錄柳橙汁的分離情形。

### 《紀錄 E》

混合 50ml 柳橙汁後的分離情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間   | 清水               | CMC 水溶液                  |
|------|------------------|--------------------------|
| 5 分  | 深黃色混合液           | 深黃色混合液                   |
| 60 分 | 量筒 60ml 以上呈淡黃色   | 量筒下半部顏色較深，尚無分離，整體混濁      |
| 90 分 | 量筒 55ml 以上呈淡黃色   |                          |
| 1 天  | 量筒 40ml 處以上呈淡黃色  |                          |
| 2 天  | 量筒 40ml 以上呈清澈淺黃色 | 量筒 50ml 以上混濁，50ml 以下有沈澱物 |



### 《發現 E》

1. 不含 CMC 的柳橙汁 60 分鐘即出現沈澱物，靜置二天明顯分離，大部分柳橙汁集中於量筒 40ml 以下，40ml 以上呈清透。
2. 含 CMC 的柳橙汁二天後開始有一些沈澱物出現，沒有明顯分離，整體仍很混濁。

## 《討論》

1. 添加 **CMC** 可長時間(一小時以上)延緩可可粉、柳橙汁與水的分離。果汁添加 **CMC** 有助懸作用。
2. 膠態溶液(例如：牛奶)不會分離，添加 **CMC** 對於膠態溶液的分離情形沒有影響。
3. **CMC** 是粘稠劑，不是乳化劑；與乳化劑、食用油混合可製成起雲劑。說明如下：
  - (1) 【實驗一】結果，**CMC** 不溶於沙拉油。
  - (2) 【實驗四】《方法 C、D》中，添加 **CMC** 雖然可以延緩鮮奶油、沙拉油與水的分離，但維持很短時間(一小時以內)。**CMC** 對於油脂的乳化作用欠佳。
  - (3) 根據參考資料，起雲劑原料包含乳化劑、食用油及粘稠劑；黑心廠商使用塑化劑取代食用油製成的就是有毒起雲劑。

## 【實驗五】添加 CMC 對於蘋果汁褐變的影響

### (一) 方法：

1. 準備中型蘋果二顆，削皮切成小塊。
2. 量取 50g 蘋果，分別與 100ml 清水及 1%CMC 水溶液一起倒入果汁機，打碎攪拌，各盛裝 20ml 於試管靜置，以碼錶計時，每隔十分鐘照相紀錄並以色卡對照顏色變化。

### (二) 紀錄：

蘋果汁褐變的情形如下表：(省略變化相同之紀錄)

| 時間   | 清水  | CMC 水溶液 |
|------|-----|---------|
| 0 分  | 淡黃色 | 淡黃色     |
| 30 分 | 黃褐色 | 黃褐色     |
| 60 分 | 褐色  | 褐色      |

### (三) 發現：

不含 CMC 的蘋果汁與含 CMC 的蘋果汁 30 分鐘皆呈現黃褐色，60 分鐘呈褐色，之後顏色沒有變化。

### (四) 討論：

1. 過濾掉果肉殘渣可避免懸浮物影響觀察結果。
2. 實驗發現：有無添加 CMC 對於蘋果汁褐變沒有影響；但經過一段時間，是否會影響果汁保存情形(例如：氣味、質變...)呢？進行【實驗六】。
3. 含 CMC 的蘋果汁使用果汁機攪拌後有很多泡沫；與「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」中「泡沫測試」CMC 水溶液激烈搖動沒有泡沫產生的說法，並不相符。
4. 我們認為「泡沫測試」不可行，進行【實驗八】參考資料「沈澱生成」法檢測市售果汁所含的 CMC。


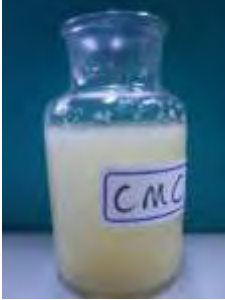








### 【實驗六】柳橙汁添加 CMC 的保存情形

#### (一) 方法：

1. 準備五個廣口瓶，各盛裝 50ml 清水及添加物：1% CMC 水溶液、1%洋菜粉、1%吉利丁、1%太白粉。
2. 準備柳丁數顆，使用榨汁機榨取柳橙汁。
3. 量取 50ml 柳橙汁，分別加入五個廣口瓶，攪拌均勻後靜置，每天觀察並照相紀錄變化。

#### (二) 紀錄：

|       |        |         |
|-------|--------|---------|
| ×無變化  | ↓出現沈澱物 | +果汁與水分離 |
| ☆柳丁香味 | ★惡臭味   |         |
| ●顏色變深 | □結塊    | ○泡沫     |

| 添加物<br>天數 | 無   |      | CMC   |      | 洋菜粉   |      | 吉利丁  |      | 太白粉   |      |
|-----------|---|------|---|------|---|------|--|------|---|------|
|           | 說明  | 廣用試紙 | 說明  | 廣用試紙 | 說明  | 廣用試紙 | 說明   | 廣用試紙 | 說明  | 廣用試紙 |
| ○         | ×☆  | 4    | ×☆  | 5    | ×☆  | 4    | ×☆   | 4    | ×☆  | 4    |
| 一         | ↓☆  | 4    | ↓☆  | 5    | ↓☆  | 4    | ↓☆   | 4    | ↓☆  | 4    |
| 二         | +☆  | 4    | ↓☆  | 5    | +☆  | 4    | +☆□○   | 4    | +☆●   | 4    |
| 三         | +☆  | 4    | ↓☆  | 5    | +☆  | 4    | +☆□○   | 4    | +☆●   | 4    |
| 四         | +☆  | 4    | ↓☆  | 5    | +☆  | 4    | +☆□○   | 4    | +☆●   | 4    |
| 五         | +☆  | 4    | ↓☆  | 5    | +★  | 4    | +☆□○   | 4    | +★●   | 4    |
| 六         | +☆  | 4    | ↓☆  | 5    | +★  | 4    | +☆□○   | 4    | +★●   | 4    |
| 照片        |  |      |  |      |  |      |  |      |  |      |
|           |  |      |  |      |  |      |  |      |  |      |
|           | 水   |      | CMC   |      | 洋菜粉   |      | 吉利丁  |      | 太白粉   |      |



(三) 發現：

1. 靜置一天都有沈澱物；二天後含 CMC 的柳橙汁還很混濁(有沈澱物)，其它四瓶都已明顯分離。
2. 二天後添加吉利丁的柳橙汁產生結塊和泡沫，添加太白粉的柳橙汁顏色變深。
3. 添加洋菜粉和太白粉的柳橙汁五天後產生惡臭味，其它三瓶氣味無變化。
4. 含 CMC 的柳橙汁 pH 值 5；其它四瓶柳橙汁較酸，pH 值 4。

(四) 討論：

1. 與【實驗四】《方法 E》結果相同：含 CMC 的柳橙汁均勻混合(有果渣沈澱，果汁沒有分離)，助懸作用良好。
2. 添加洋菜粉(海藻膠)、吉利丁(動物膠)與太白粉(澱粉)的柳橙汁，經過一段時間，顏色或氣味上明顯變質；沒有添加物或含 CMC 的柳橙汁比較穩定，推論 CMC 可能稍微具有防腐作用。

### 三、了解市售果汁添加 CMC 的情形

#### 【調查七】調查市售果汁的售價

##### (一) 方法：

1. 以筆記、拍照調查市售果汁。
2. 根據市售果汁的標示成分：一組含CMC、一組不含CMC或其它粘稠劑。
3. 統計平均售價。

##### (二) 紀錄：

| 分組                | 產品名稱          | 標示成分   | 單價<br>(元/ml) | 平均售價<br>(元/ml) |
|-------------------|---------------|--|--------------|----------------|
| 含 CMC             | 波○果菜汁         | CMC、水、砂糖、果糖、檸檬酸、果菜汁                              | 0.038        | 0.05           |
|                   | 波○蘋果綜合果汁      | CMC、水、砂糖、蘋果糖、檸檬酸、濃縮原汁 15%                        | 0.038        |                |
|                   | 福○多蔬果         | CMC、水、砂糖、高果糖糖漿、檸檬酸、檸檬酸鈉、天然香料、果菜汁                 | 0.052        |                |
|                   | 味○柳橙汁         | CMC、水、糖、柳橙濃縮汁、檸檬酸、香料、異抗壞血酸鈉、B 胡蘿蔔素               | 0.04         |                |
|                   | 統○5°C 纖果食感柳橙汁 | CMC、濃縮柳橙汁還原、柳橙果肉、水、砂糖、果糖液糖、檸檬酸、玉米糖膠、調味劑、香料       | 0.063        |                |
|                   | 旺○果粒多葡萄汁      | CMC、水、砂糖、濃縮果汁、椰果、檸檬酸、檸檬酸鈉、乳酸鈣、維生素 C、天然葡萄皮、萃取物、香料 | 0.067        |                |
| 不含 CMC 或<br>其它粘稠劑 | 樹○100%純蘋果汁    | 100%純蘋果汁(還原果汁)                                   | 0.063        | 0.077          |
|                   | 鮮○椰子汁(半天水)    | 100%椰子汁  | 0.063        |                |
|                   | 100%蔓○莓綜合果汁   | 白葡萄、蘋果、蔓越莓、紅葡萄(濃縮果汁)                             | 0.072        |                |
|                   | 波○100%蔬菜汁     | 濃縮果菜汁  | 0.072        |                |
|                   | 一○蔬果          | 蘋果濃縮汁 100%                                       | 0.106        |                |
|                   | 每○C 柳橙汁       | 濃縮柳橙汁還原 100%、柳橙果肉                                | 0.083        |                |

(三) 發現：

含 CMC 的市售果汁，平均售價低於不含 CMC 或其它粘稠劑的市售果汁。

(四) 討論：

含 CMC 的市售果汁，原汁含量較少，成本較低，平均售價比較便宜。說明如下：

1. 市售一袋 8 顆 25 元的柳丁約可榨出 400ml 柳橙汁，每 100ml 柳橙汁約 6.25 元。2 Kg CMC 售價約 500 元，每 100ml 飲料添加 1g CMC 約 0.25 元！
2. 【實驗二】發現 CMC 具增稠性，市售果汁減少成本較高的原汁含量，添加成本較低的 CMC，仍可調製出與原汁相同粘稠的產品。
3. 減少果汁含量的市售果汁，利用 CMC 增稠，再添加砂糖提升甜度，與【實驗三】「添加 CMC 可提升飲料的含糖量」相符。

## 【實驗八】利用硫酸銅水溶液檢測市售果汁中的 CMC

### 《方法 A》

1. 根據參考資料「0.5%CMC 水溶液與 5%硫酸銅或硫酸鋁溶液作用，有沈澱產生。」我們利用硫酸銅水溶液檢測市售果汁所含的 CMC。
2. 準備 5%硫酸銅水溶液及一瓶波○蘋果綜合果汁(含 CMC)。
3. 量取 5ml 波○蘋果綜合果汁於試管，再倒入 5ml 硫酸銅水溶液，搖晃使其分散。
4. 觀察紀錄變化。

### 《紀錄 A》

波○蘋果綜合果汁加入硫酸銅水溶液呈淡黃色透明液體，沒有產生沈澱物。

### 《發現 A》

1. 波○蘋果綜合果汁加入硫酸銅水溶液沒有沈澱產生。我們假設：
  - (1) 波○蘋果綜合果汁的 CMC 含量少於 0.5%，所以沒有沈澱生成。
  - (2) 波○蘋果綜合果汁的其它成分會影響沈澱生成。
2. 進行《方法 B》與《方法 C》驗證這兩個假設。

### 《方法 B》

1. 準備 5%硫酸銅水溶液及不同濃度 CMC 水溶液。
2. 量取 5mlCMC 水溶液於試管，再倒入 5ml 硫酸銅水溶液，搖晃使其分散。
3. 觀察紀錄變化。

### 《紀錄 B》

CMC 水溶液加入硫酸銅水溶液沈澱生成如下：

| 濃度  | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.01 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 沈澱物 | 有   | 有   | 有   | 有   | 有   | 有    | 有    |

### 《發現 B》

我們將 CMC 水溶液濃度逐步降至 0.01%，加入硫酸銅水溶液仍有少量雲狀沈澱物產生。

### 《方法 C》

1. 以實驗《方法 B》步驟 1.2.製作 CMC 水溶液加入硫酸銅水溶液，產生雲狀沈澱物的兩組試管。
2. 量取 5ml 波○蘋果綜合果汁，倒入其中一組試管，搖晃使其分散。另一組沒有加入任何東西。
3. 觀察紀錄變化。

### 《紀錄 C》

兩組試管靜置一天，雲狀沈澱物的變化如下：

| 濃度         | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | 0.01 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 加入波○蘋果綜合果汁 | 減少  | 減少  | 無   | 無   | 無   | 無    | 無    |
| 沒有加入任何東西   | 有   | 有   | 有   | 有   | 有   | 有    | 有    |

### 《發現 C》

1. 加入波○蘋果綜合果汁的試管靜置一天，雲狀沈澱物減少甚至消失；沒有加入任何東西的試管，雲狀沈澱物仍在。

2. 波○蘋果綜合果汁的哪些成分會使雲狀沈澱物消失呢？進行《方法 D》實驗。






### 《方法 D》

1. 以實驗《方法 B》步驟 1.2.製作 CMC 水溶液加入硫酸銅水溶液，產生雲狀沈澱物的五組試管。

2. 分別在五組試管加入 5ml 醋、5%砂糖水溶液、5%檸檬酸水溶液、5%食鹽水溶液、5%小蘇打水溶液，觀察紀錄變化。

### 《紀錄 D》

雲狀沈澱物的變化如下：

| 添加物 | 醋  | 砂糖水溶液  | 檸檬酸水溶液   | 食鹽水溶液   | 小蘇打水溶液   |
|-----|--|--|--|---|--|
| 沈澱物 | 減少   | 有  | 無  | 有   | 有  |
| 照片  |  |  |  |  |  |

### 《發現 D》

1. 加入砂糖及食鹽水溶液，雲狀沈澱物仍在，沒有消失。

2. 加入檸檬酸水溶液，雲狀沈澱物迅速減少而完全消失；加入醋，沈澱物也逐漸減少。

3. 加入小蘇打水溶液會產生氣泡，有雲狀物浮起及結晶物沈澱。

### 《討論》

1. CMC 水溶液加入硫酸銅水溶液會產生雲狀沈澱物；CMC 含量少，沈澱物也較少。

推論雲狀沈澱物是硫酸銅  $\text{CuSO}_4$  遇氫氧根離子  $\text{OH}^-$  所生成的氫氧化銅  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ 。

2. 《方法 B、C》結果，市售果汁加入硫酸銅水溶液，沒有沈澱生成，不是因為 CMC 含量少於 0.5%；而是波○蘋果綜合果汁的某些成分使雲狀沈澱物消失。

3. 《方法 D》證實，檸檬酸與醋會使雲狀沈澱物減少或完全消失。

4. 【調查七】發現，含 CMC 的市售果汁幾乎都有添加檸檬酸；所以根據參考資料加入硫酸銅水溶液的「沈澱生成」法，無法檢測市售果汁所含的 CMC。

#### 四、探討 CMC 對生物(以植物為實驗對象)的影響

##### 【實驗九】CMC 水溶液對豆子發芽的影響

(一) 方法：

1. 準備黃豆和綠豆。
2. 在三個培養皿鋪上棉花，各放入 20 顆黃豆。
3. 量取 20ml 清水、0.5%CMC 水溶液及 1%CMC 水溶液，分別加入三個培養皿，使棉花保持溼潤，每天觀察紀錄黃豆發芽情形。
4. 植物發芽會受氣候溫度變化影響，為減少實驗誤差，重覆進行五次實驗。
5. 綠豆發芽實驗如上述步驟 2.3.4。

(二) 紀錄：

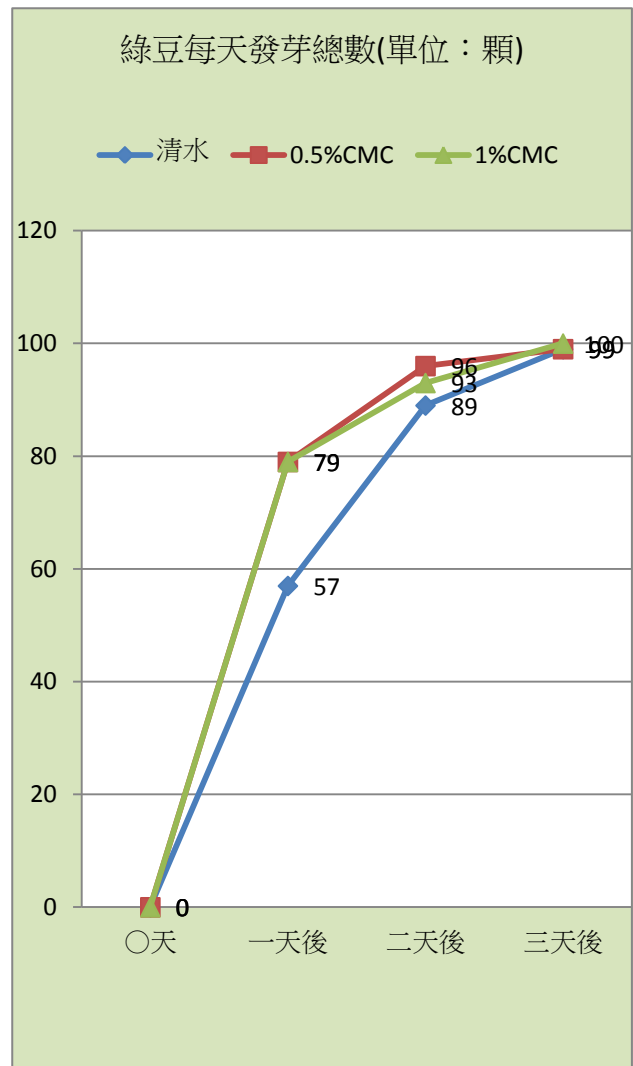
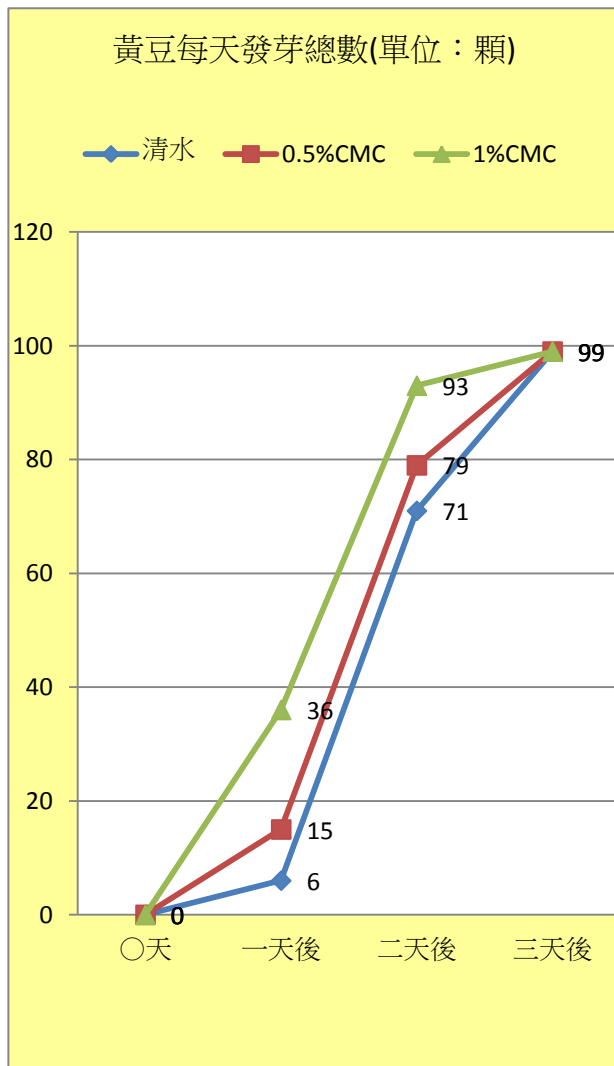
1. 在室溫下，黃豆發芽情形如下表。(單位：顆)

| 天數  | 溶液種類<br>實驗次數 | 清水 | 0.5%CMC<br>水溶液 | 1%CMC<br>水溶液 |
|-----|--------------|----|----------------|--------------|
| 第一天 | 1            | 0  | 0              | 0            |
|     | 2            | 0  | 0              | 0            |
|     | 3            | 0  | 0              | 0            |
|     | 4            | 0  | 0              | 0            |
|     | 5            | 0  | 0              | 0            |
|     | 總數           | 0  | 0              | 0            |
| 第二天 | 1            | 0  | 0              | 0            |
|     | 2            | 0  | 6              | 5            |
|     | 3            | 4  | 7              | 7            |
|     | 4            | 1  | 1              | 12           |
|     | 5            | 1  | 1              | 12           |
|     | 總數           | 6  | 15             | 36           |
| 第三天 | 1            | 11 | 10             | 15           |
|     | 2            | 14 | 15             | 20           |
|     | 3            | 17 | 19             | 19           |
|     | 4            | 15 | 17             | 19           |
|     | 5            | 14 | 18             | 20           |
|     | 總數           | 71 | 79             | 93           |
| 第四天 | 1            | 20 | 19             | 19           |
|     | 2            | 20 | 20             | 20           |
|     | 3            | 20 | 20             | 20           |
|     | 4            | 19 | 20             | 20           |
|     | 5            | 20 | 20             | 20           |
|     | 總數           | 99 | 99             | 99           |

2. 在室溫下，綠豆發芽情形如下表。(單位：顆)

| 天數  | 溶液種類<br>實驗次數 | 清水 | 0.5%CMC<br>水溶液 | 1%CMC<br>水溶液 |
|-----|--------------|----|----------------|--------------|
| 第一天 | 1            | 0  | 0              | 0            |
|     | 2            | 0  | 0              | 0            |
|     | 3            | 0  | 0              | 0            |
|     | 4            | 0  | 0              | 0            |
|     | 5            | 0  | 0              | 0            |
|     | 總數           | 0  | 0              | 0            |
| 第二天 | 1            | 4  | 7              | 7            |
|     | 2            | 13 | 16             | 16           |
|     | 3            | 15 | 18             | 18           |
|     | 4            | 12 | 19             | 19           |
|     | 5            | 13 | 19             | 19           |
|     | 總數           | 57 | 79             | 79           |
| 第三天 | 1            | 13 | 16             | 13           |
|     | 2            | 19 | 20             | 20           |
|     | 3            | 19 | 20             | 20           |
|     | 4            | 19 | 20             | 20           |
|     | 5            | 19 | 20             | 20           |
|     | 總數           | 89 | 96             | 93           |
| 第四天 | 1            | 20 | 19             | 20           |
|     | 2            | 20 | 20             | 20           |
|     | 3            | 20 | 20             | 20           |
|     | 4            | 19 | 20             | 20           |
|     | 5            | 20 | 20             | 20           |
|     | 總數           | 99 | 99             | 100          |





### (三) 發現：

1. CMC 水溶液中的黃豆和綠豆，一、二天後發芽總數比較多。
2. CMC 水溶液濃度愈高(1%)，黃豆發芽速度愈快。

### (四) 討論：

1. 實驗中疑似被老鼠破壞而重做。我們意外發現清水中的豆子被老鼠吃掉許多，CMC 水溶液中的豆子卻未減少。是否老鼠不喜歡 CMC？甚至有分辨 CMC 的能力？則尚待研究。
2. 綠豆發芽速度很快，如果將紀錄間隔縮短為半天(12 小時)，應有更細微的發現。
3. 我們起初假設 CMC 對於生物有不良影響，實驗發現 CMC 反而有助黃豆和綠豆發芽。進行【實驗十】觀察植物後續生長。
4. 推論 CMC 的保水性使黃豆和綠豆保持溼潤，加快發芽速度。
5. 如果以各類種子試驗，或許能利用 CMC 縮短生長時間，提升農業產量(例如豆芽菜)呢。

## 【實驗十】CMC 水溶液對空心菜生長的影響

### (一) 方法

1. 選取長短大小相近、去掉枝葉、從芽眼截掉的空心菜八株，各放入一支試管；分成兩組，分別加入 20ml 清水及 1%CMC 水溶液。
2. 每天觀察紀錄生長情形。

### (二) 紀錄

在室溫下，空心菜生長情形如下表。

| ×無變化                      ⊙芽眼有綠點                      §長新根<br>*發霉                              ⊙長新葉(單位：片)<br>#爛掉                                &葉枯黃(單位：片)<br>※乾枯 |    |   |    |   |         |    |     |       |
|---|----|---|----|---|---------|----|-----|-------|
| 溶液<br>天數  | 清水 |   |    |   | CMC 水溶液 |    |     |       |
|   | a  | b | c  | d | A       | B  | C   | D     |
| 0~2   | ×  | × | ×  | × | ×       | ×  | ×   | ×     |
| 3~5   | ×  | ⊙ | ×  | × | ×       | ⊙  | ×   | ⊙     |
| 6   | *  | # | ⊙  | × | ⊙       | ⊙1 | ⊙   | ⊙1    |
| 7   | *  | # | ⊙  | × | ※       | ⊙1 | ⊙1  | ⊙1    |
| 8   | *  | # | ⊙  | × | ※       | ⊙1 | ⊙1  | ⊙1    |
| 9   | *  | # | ⊙  | × | ※       | ※  | §⊙1 | §⊙1   |
| 10~12   | *  | # | §⊙ | × | ※       | ※  | §⊙1 | §⊙1   |
| 13  | *  | # | §⊙ | ※ | ※       | ※  | §⊙2 | §⊙2   |
| 14  | *  | # | §⊙ | ※ | ※       | ※  | §⊙2 | §⊙2   |
| 15~16   | *  | # | §⊙ | ※ | ※       | ※  | §⊙2 | §⊙3   |
| 17~19   | *  | # | §⊙ | ※ | ※       | ※  | §⊙2 | §⊙3   |
| 20  | *  | # | §⊙ | ※ | ※       | ※  | §⊙2 | §⊙2&1 |

### (三) 發現

1. 清水中的空心菜，十天後僅存一株，有長新根，沒有葉子。
2. CMC 水溶液中的空心菜，有三株長出新葉，二十天後還有二株存活。

### (四) 討論：

1. 空心菜剪下枝葉只留植株仍會發枝長葉，生長特性有利觀察。
2. 實驗發現，CMC 水溶液有助空心菜生長。
3. 綜合【實驗九】，CMC 無礙植物發芽與生長。但種植的豆芽和空心菜含有 CMC 嗎？食用後對人體無害嗎？仍需後續長時間觀察研究，才能證實 CMC 對人體的影響。

## 柒、討論與結論

### 一、CMC 的特性：

- (一) CMC 溶於水，具有良好增稠性，含量愈多愈粘稠；市售果汁 **CMC** 含量低於 **2%**。
- (二) CMC 溶於添加食鹽、砂糖、檸檬酸及小蘇打的水溶液，含 CMC 市售飲料也含有這些添加物。
- (三) CMC 不溶於酒精和醋；市售酒精及醋酸飲料不會添加 CMC。
- (四) CMC 不溶於沙拉油，也無法長時間防止油水分離，乳化性欠佳。

### 二、市售果汁添加 CMC 的原因：

- (一) 原汁含量少的市售果汁須添加大量砂糖增加甜度，添加 **CMC** 可提升飲料的含糖量。
  - 1. 添加 CMC，食鹽溶解量略減少。
  - 2. 添加 CMC，對於小蘇打溶解量無影響。
  - 3. 添加 CMC，檸檬酸溶解量些微增加，細砂糖溶解量會增加許多。
- (二) **CMC** 的助懸性使果汁保持均勻混合，賣相較佳。
- (三) **CMC** 稍微具有防腐性，使果汁保存情形較穩定。
  - 1. 與添加洋菜粉(海藻膠)、吉利丁(動物膠)或太白粉(澱粉)比較，含 **CMC** 柳橙汁酸鹼值、氣味及顏色變化較穩定。
  - 2. 添加 CMC 對於蘋果汁褐變無特別影響。

### 三、市售果汁添加 CMC 的情形：

- (一) 100%原汁成本較高，減少原汁再添加 **CMC** 的市售果汁，平均售價比較便宜。
- (二) 使用食品添加物使用範圍及限量暨規格標準「泡沫測試」與「沈澱生成」法，都無法檢測市售果汁所含的 **CMC**。
  - 1. 攪拌含 CMC 果汁會產生泡沫，與「泡沫測試」沒有泡沫產生的說法不合。
  - 2. 含 **CMC** 市售果汁大部分含有檸檬酸，使加入硫酸銅水溶液產生的雲狀沈澱物消失，所以無法利用「沈澱生成」檢測市售果汁所含的 **CMC**。

### 四、CMC 對生物(以植物為實驗對象)的影響：

- (一) **CMC** 水溶液的保水性使黃豆、綠豆和空心菜保持溼潤，有助發芽與成長。
- (二) 植物是否會吸收 CMC，食用後對人體是否造成影響，有待進一步的研究。

## 捌、心得與展望

CMC 是合法的食品添加物，用途廣泛，目前的文獻與實驗顯示 **CMC** 對生物(植物)無明顯不良影響，不必過於擔憂或排斥；但是我們發現廠商在果汁添加 **CMC** 的目的：是為了使包裝果汁降低原汁成本後，仍保持較甜、較濃、均勻混合的賣相。以消費者立場而言，還是「天然\尚好」，加很多糖而減少原汁所製造的，只是糖水不是果汁；況且果汁因密度不同產生分離是自然現象，添加 **CMC** 使果汁不會分離，從營養角度來看是多此一舉。我們應該選擇新鮮天然的果汁，不要太依賴添加 **CMC** 的產品。

塑化劑風暴促使我們投入這次研究，因而更瞭解 **CMC** 在市售果汁中扮演的角色。食品添加物的安全是大家所關心的；如果食品沒有明確標示成分，就可能使我們的權益與健康受損。所以找出檢測 **CMC** 的簡易方法，並深入驗證 **CMC** 是否真的無害生理，應是未來可再努力的。

## 玖、參考資料

- 一、 台北市大安區幸安國民小學（民 92 年）。還我新鮮本色—現榨果汁不褐變。  
中華民國第 44 屆中小學科學展覽國小組第二名。民 100 年 10 月 5 日，取自：  
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080207.pdf>
- 二、 食品藥物管理局（民 100 年 5 月 30 日）。食品添加物使用範圍及限量暨規格標準-  
第（十二）類 粘稠劑（糊料）〔命令〕。台北市：衛生署。民 100 年 11 月 16 日，  
取自：[http://www.fda.gov.tw/files/people\\_laws/第\(十二\)類-粘稠劑\(糊料\)\\_1000530.pdf](http://www.fda.gov.tw/files/people_laws/第(十二)類-粘稠劑(糊料)_1000530.pdf)
- 三、 食品藥物管理局（民 100 年 8 月 17 日）。附表二食品添加物規格 第（十二）類 粘  
稠劑（糊料）〔命令〕。台北市：衛生署。民 100 年 11 月 16 日，取自：  
[http://law.moj.gov.tw/Law/law\\_getfile.ashx?FileId=0000064358](http://law.moj.gov.tw/Law/law_getfile.ashx?FileId=0000064358)
- 四、 維基百科（民 101 年 2 月 8 日）。黏度。民 101 年 3 月 5 日，取自：  
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%BB%8F%E5%BA%A6>
- 五、 化學果汁 DIY（民 100 年 7 月 12 日）。台北市：董氏基金會。民 100 年 10 月 23  
日，取自：<http://nutri.jtf.org.tw/index.php?idd=1&aid=50&bid=387&cid=1472>
- 六、 振芳公司商品介紹-膠類（無日期）。台北市：振芳公司。民 100 年 10 月 24 日，  
取自：<http://www.gemfont.com.tw/gf-ec/store.nsf/body3?OpenFrameset>

## 【評語】 080209

本作品採用“羧甲基纖維素鈉”來探討添加於各種溶液中的效果。在實驗工具的設計與製作上，獨立的製備簡易的黏度計，精確地獲得數據，頗具獨創性，然如何判斷溶液中 CMC 的含量仍可就其化學性質再作分析比較。