

臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：化學科

作 品 名 稱：Is the fruit safe?-吊白塊的簡易自製試劑

學 校 / 作 者：臺北市立第一女子高級中學 蔡宛庭

作者簡介

我是蔡宛庭，目前就讀北一女中三年級，藉著參加校內化學專研的機會，展開這件作品的研究。從設計題目、觀察、實驗、拍照、到撰寫報告，無不得到教授、老師、和同學們很大的幫助，我也從中得到了很多寶貴的經驗，雖然不敢說我已完全瞭解如何去進行一項研究，但我仍為我的這份小小的成果，感到莫大的滿足。對於科學，除了課業上的學習，在課餘我也時常參加各項活動，例如演講、參觀科學館等，從生活中來學科學，對我來說，也是一項不可或缺的部分，所以我的題目，也盡量朝向貼近生活的方面去進行，希望它能對大眾的生活有所助益。



攝於去年校慶，左邊的是我，另外一個是我的工作夥伴！

Is the fruit safe?-吊白塊的簡易自製試劑

壹、作品簡介

中文摘要

吊白塊是一種在現切水果中常見的食品添加物，它可使剛切的水果不易被氧化，並同時具有漂白的效果，但此種添加物會對人體造成許多疾病。本研究針對吊白塊作嘗試性的初級檢驗，選用一般常見的氧化劑和染料，自行研發簡易的檢驗方法，且進一步製作安定性佳且攜帶方便的試紙。

本實驗結果發現，由衛生局提供的「藍吊試劑」本身不甚穩定，且顏色變化不明顯；在自製檢驗試劑方面，效果最佳的是過錳酸鉀，濃度可測至 0.0005M ，且反應相當快速，唯試液容易與水果表面的 Fe(II) 離子反應；孔雀綠和晶紅酸等染料效果亦佳，且變色相當明顯，但反應時間較長。

Abstract

Rongalit is a bleaching agent commonly used as a food additive. It can prevent fresh fruits to be oxidized (without color-changed), especially when they were cut for sale. However, as for this additive, it is not good on health and is necessary to be detected. The test-paper currently used, the so-called "blue-test paper", can be obtained from the Department of Health (Taipei). However, its stability is poor; the color change is not clear when it reacts with Rongalit. For this reason, I developed simple methods for detecting Rongalit by using various oxidizers and dyes. A test-paper, with better stability and easily for carry, was successfully developed. The findings show that the use of KMnO_4 on the homemade test-paper provides the best result. The reaction time is short and the limit of detection can be improved to $5 \times 10^{-4} \text{ M}$. The color changes were also clear when malachite green and fuchsin acid were used, but the reaction times were longer.

貳、內文

一、前言

1. 研究動機

漂白劑、防腐劑在市售加工食品的應用日趨氾濫，根據近來媒體爭相報導部分市場中的不肖業者，在現切的水果表面噴灑浸泡吊白塊，此為一種染色工業用漂白劑及抗氧化劑，長期食用浸泡過吊白塊的水果，將會導致許多疾病，於是引發我們展開此次的研究。

北市衛生局檢驗室成功研發「藍吊試劑」，目的在檢測此種黑心食品。本研究除了針對藍吊試劑做檢測範圍及穩定性測試外，更想利用高中所提及的氧化還原概念，尋找能與醛基、亞硫酸根反應的適性檢測劑，更進一步自行製作安定性佳且方便攜帶的簡易型試紙。為了確保人體健康，於是進行以下一連串的實驗活動。

2. 研究目的

- (1) 針對藍吊試劑，探討其能檢測吊白塊的濃度範圍
- (2) 測試各種變因：濃度、pH 等的影響，觀測試劑的檢測範圍
- (3) 嘗試研製簡易且穩定性較佳的試劑
- (4) 以穩定性較佳的試劑，製成試紙進行測試

二、研究方法與過程

1. 藥品介紹

(1) 吊白塊 ($\text{HOCH}_2\text{SO}_3\text{Na} = 134.09$)

吊白塊是染色工業用漂白劑，原文為 Rongalit，係以福馬林(formalin)結合亞硫酸氫鈉再還原製得，從構造上既可視為一種亞硫酸鹽，亦可視為甲醛(formaldehyde)的衍生物。

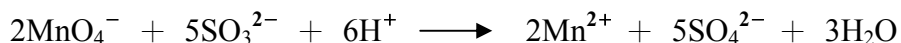
(2) 衛生局(藍吊)試劑

成分：未知 用途：檢驗吊白塊

簡介：衛生局自稱其測試具專一性、且穩定性佳，敏感度可達 1ppm。其使用方法非常簡單，試劑本身為藍色液體，當藍吊試劑滴入檢體（水果切片或其水溶液），顏色由藍色變成無色或淡黃色時(依浸泡濃度而異)，代表有吊白塊殘留，檢體需送本局檢驗室進一步確認。

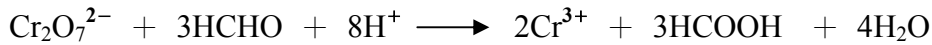
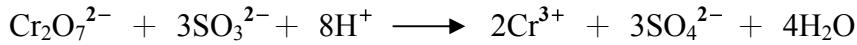
(3) 自製試劑

過錳酸鉀 (KMnO_4) (紫紅色 → 無色)

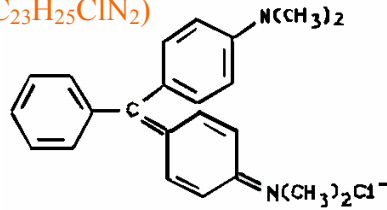


【註】 過錳酸鉀暴露在空氣中一段時間，會形成褐色的二氧化錳，若製成試紙顏色變化為：褐色 (MnO_2) → 無色 (Mn^{2+})

二鉻酸鉀 ($K_2Cr_2O_7$) (橙色 \longrightarrow 淡綠色)



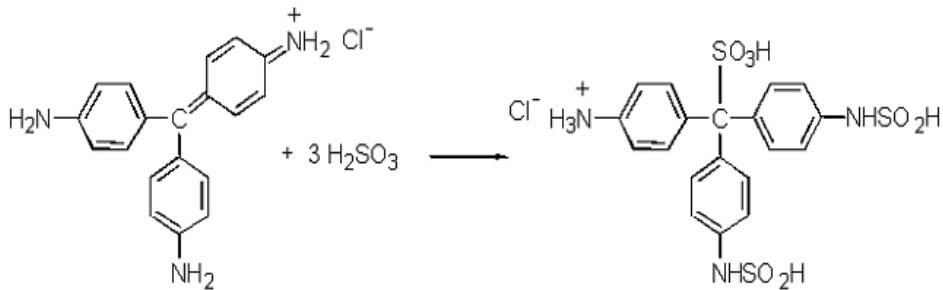
孔雀綠($C_{23}H_{25}ClN_2$)



碘 (I_2) + 碘化鉀(KI) + 澱粉液 + 飽和食鹽水



晶紅酸



玫瑰苯胺鹽酸鹽 (粉紅色)

晶紅酸(無色)

2. 實驗方法

(一) 衛生局(藍吊)試劑

1. 實驗一、吊白塊濃度(0M、0.25M、0.50M、0.75M、1.00M)

(0M、0.025M、0.050M、0.075M、0.100M)

- (1) 將三種水果分別浸入不同濃度的吊白塊水溶液裡(浸泡 15 分鐘)
- (2) 撈出水果放在培養皿中
- (3) 滴入藍吊試劑
- (4) 觀察其變色情況

2. 實驗二、浸泡時間 (15、30 分鐘)

- (1) 將蘋果、水梨、芭樂分別浸入吊白塊水溶液裡
- (2) 於 15 分鐘後撈出第一批水果放在培養皿中
- (3) 滴入藍吊試劑
- (4) 觀察其變色情況
- (5) 於 30 分鐘後撈出第二批水果放在培養皿中
- (6) 滴入藍吊試劑
- (7) 觀察其變色情況
- (8) 各種濃度做個別實驗

3. 實驗三、擺放於空氣中的時間 (0、15 分鐘)

- (1) 將蘋果、水梨、芭樂分別浸入吊白塊水溶液裡 15 分鐘
- (2) 於 15 分鐘後撈出水果放在培養皿中
- (3) 在水果上滴入藍吊試劑
- (4) 觀察其變色情況
- (5) 將第二批擺放 15 分鐘
- (6) 再將第二批滴入試劑

- (7) 觀察其變色情況
- (8) 各種濃度做個別實驗
- (9) 改變浸泡時間為 30 分鐘，重覆以上實驗

(二) 自製試劑

【過錳酸鉀 (KMnO_4)】

1. 配製試液

- (1) 配置重量百分濃度 2.5% 為標準液 A
- (2) 將標準液稀釋成為 75%、50%、25%、10%、5%、1% 的試液
- (3) 因為測試後過濃故稀釋 10 倍設為標準液 B
- (4) 將標準液稀釋成為 75%、50%、25%、10%、5%、1% 的試液

2. 製作試紙

- (1) 取大小適中的濾紙，均勻浸泡在各種不濃度的試液中
- (2) 將濾紙放在乾淨的表玻璃上，送入恆溫乾燥箱
- (3) 待試紙乾燥後取出，備用

3. 實驗四、試液→吊白塊溶液(微量實驗)

- (1) 取一片玻璃片，洗淨後晾乾
- (2) 在玻璃片上依序滴上不同濃度的試液各 1~2 滴
- (3) 取 0.1M 吊白塊溶液滴在試液裡
- (4) 利用針頭將水滴攪拌均勻
- (5) 觀察比較呈色、以及是否有沉澱
- (6) 改用不同濃度的吊白塊溶液，重覆以上步驟
- (7) 比較不同濃度間的呈色

4. 實驗五、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果

- (1) 將待測水果切成厚度一定的片狀(約 2.0mm)，備用
- (2) 取 0.1M 的吊白塊溶液，將水果切片放入，計時 15 分鐘
- (3) 將水果自溶液中以鑷子取出，整齊的排列在表玻璃上
- (4) 取各種濃度的試液，滴在水果表面(約 2 滴)
- (5) 比較其呈色，隨時觀察反應的進行
- (6) 改用不同濃度的吊白塊溶液，重覆以上步驟
- (7) 比較不同濃度間的呈色

5. 實驗六、試紙→吊白塊溶液

- (1) 取各種濃度的圓形試紙，切成四等份(1/4 圓)
- (2) 取 0.1M 吊白塊溶液滴在試紙上，比較呈色結果
- (3) 觀察試紙剛滴入吊白塊時的顏色，以及其陰乾後的顏色
- (4) 改用不同濃度的吊白塊溶液，重覆以上步驟
- (5) 比較不同濃度間的呈色

6. 實驗七、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果

- (1) 將待測水果切成厚度一定的片狀(約 2.0mm)，備用
- (2) 取 0.1M 的吊白塊溶液，將水果切片放入，計時 15 分鐘
- (3) 將水果自溶液中以鑷子取出，整齊的排列在表玻璃上
- (4) 取各種濃度的圓形試紙，切成四等份(1/4 圓)
- (5) 將試紙貼在水果表面數分鐘，再取下比較呈色

【二鉻酸鉀 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)】

7. 配製試液

- (1) 配置重量百分濃度 2.5% 為標準液 A
 - (2) 將標準液稀釋為 75%、50%、25%、10%、5%、1% 的試液
8. 製作試紙
- (1) 取大小適中的濾紙，均勻浸泡在各種不濃度的試液中
 - (2) 將濾紙放在乾淨的表玻璃上，送入恆溫的乾燥箱
 - (3) 待試紙乾燥後取出，備用
9. 實驗八、試液→吊白塊溶液(微量實驗) **步驟同實驗四
10. 實驗九、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果 **步驟同實驗五
11. 實驗十、試紙→吊白塊溶液 **步驟同實驗六
12. 實驗十一、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果 **步驟同實驗七

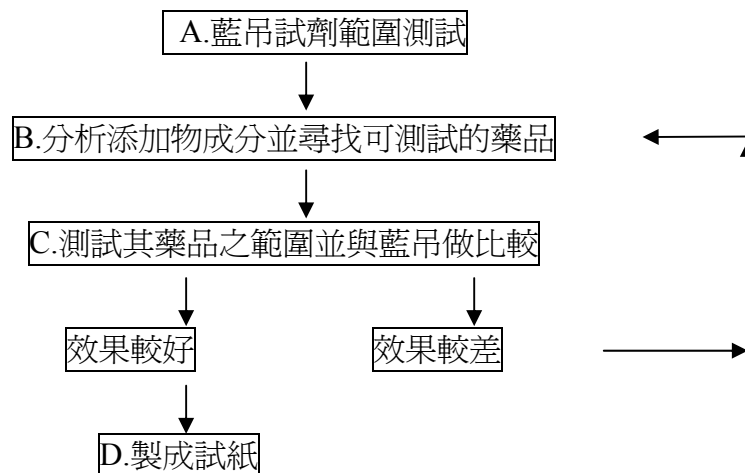
【孔雀綠(C₂₃H₂₅ClN₂)】

13. 配製試液
- (1) 配置重量百分濃度 2.5% 為標準液 A
 - (2) 將標準液稀釋成爲 75%、50%、25%、10%、5% 的試液
14. 製作試紙
- (1) 取大小適中的濾紙，均勻浸泡在各種不濃度的試液中
 - (2) 將濾紙放在乾淨的表玻璃上，送入恆溫的乾燥箱
 - (3) 待試紙乾燥後取出，備用
15. 實驗十二、試液→吊白塊溶液(微量實驗) **步驟同實驗四
16. 實驗十三、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果 **步驟同實驗五
17. 實驗十四、試紙→吊白塊溶液 **步驟同實驗六
18. 實驗十五、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果 **步驟同實驗七

【晶紅酸】

【碘 (I₂) + 碘化鉀(KI) + 澱粉液 + 飽和食鹽水】 【同上步驟】

3. 實驗流程圖



三、研究結果與討論

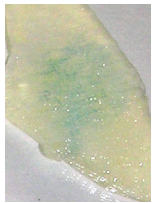




1. 研究結果

衛生局(藍吊試劑)






實驗一、吊白塊濃度

(0M、0.25M、0.50M、0.75M、1.00M) 【浸泡 15 分鐘】

水梨

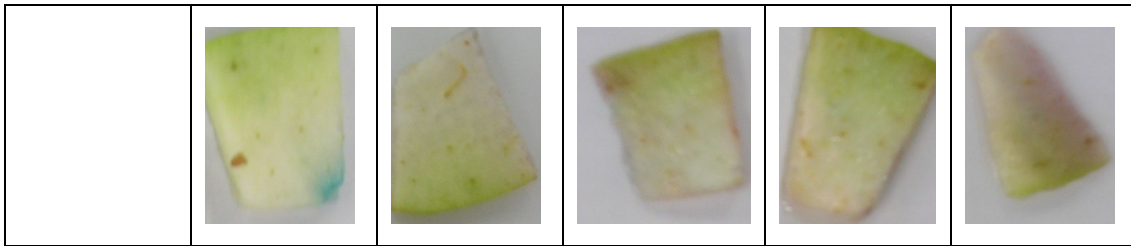
濃度 時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
第一次	藍	藍	淡藍	無色	無色
第二次	藍	無色	無色	無色	無色
第三次	藍	無色	無色	無色	無色
					

蘋果

濃度 時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
第一次	藍	淡藍+紫紅	無色+紫紅	無色	無色+紫紅
第二次	藍	無色	無色	無色	無色
第三次	藍	無色	無色	無色	無色
					

芭樂

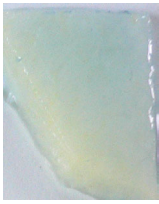




濃度 時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
第一次	藍	無色+紫紅	無色	無色	無色+紫紅
第二次	藍	無色	無色	無色	無色
第三次	藍	無色	無色	無色	無色








<吊白塊低濃度測試 (0M、0.025M、0.050M、0.075M、0.100M)>

【浸泡 15 分鐘】

水梨

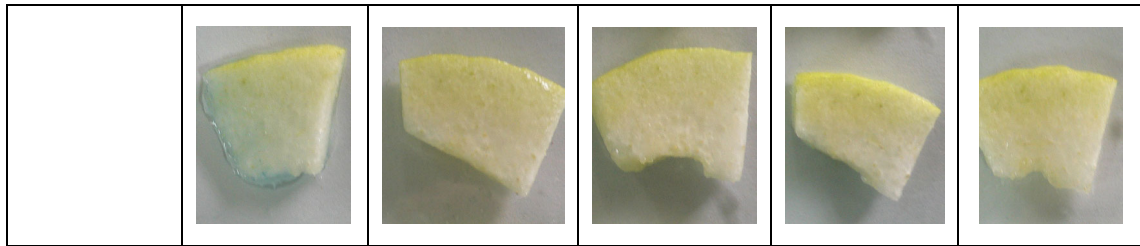
濃度 時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
第一次	藍	無色	無色	無色	無色
第二次	藍	淡藍	淡藍	無色	無色
第三次	藍	淡藍	淡藍	無色	無色
					

蘋果

濃度 時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
第一次	藍	無色	無色	無色	無色
第二次	藍	無色	無色	淡藍	無色
第三次	藍	無色	無色	淡藍	無色
					

芭樂

濃度 時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
第一次	藍	無色	無色	無色	無色
第二次	無色	無色	無色	無色	無色
第三次	藍	無色	無色	無色	無色



- <討論>**
1. 濃度較高($>0.25M$)吊白塊會使蘋果和芭樂產生紫紅色,推測可能是吊白塊與水果表面物質反應,經觀察發現此一紫紅色會在兩小時後消失。
 2. 藍吊試劑不甚穩定,呈色反應不一。尤其是第二次從衛生局取得的試劑顏色極淡,連滴在水果上都幾乎不可見,無法辨識。
 3. 在吊白塊濃度 $0.05M$ 以下的水梨測試,藍吊呈色反而不穩定。
 4. 在吊白塊濃度 $0.075M$ 時的蘋果測試,藍吊試劑呈現淡藍色的機率相當高。僅有芭樂測試較為穩定。
 5. 在同一次配置的實驗中,低濃度吊白塊 ($<0.05M$) 常有反覆變色的情形,足見藍吊試劑穩定性仍欠佳。

實驗二、浸泡時間 (15、30 分鐘)

<吊白塊濃度 (0M、0.25M、0.50M、0.75M、1.00M)>

水梨

濃度 浸泡時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
15mins	藍	藍	淡藍	無色	無色
30mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色

蘋果

濃度 浸泡時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
15mins	藍	淡藍+紫紅	無色+紫紅	無色	無色+紫紅
30mins	藍	無色	無色	無色	無色

芭樂

濃度 浸泡時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
15mins	藍	無色+紫紅	無色	無色	無色+紫紅
30mins	藍	無色+紫紅	無色	無色	無色+紫紅

<吊白塊低濃度測試(0M、0.025M、0.050M、0.075M、0.100M)>

水梨

濃度 浸泡時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
15mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色
30mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色

蘋果

濃度 浸泡時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
15mins	藍	無色	無色	淡藍	無色
30mins	藍	無色	無色	無色	無色

芭樂

濃度 浸泡時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
15mins	藍	無色	無色	無色	無色
30mins	藍	無色	無色	無色	無色

- <討論>
1. 約可測至吊白塊濃度 0.05M，但有時不穩定
 2. 浸泡時間似乎不影響藍吊試劑的檢測能力

實驗三、擺放於空氣中的時間（0、15 分鐘）

【浸泡 15 分鐘】 <吊白塊濃度 (0M、0.25M、0.50M、0.75M、1.00M)>

水梨

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	藍	淡藍	無色	無色
15mins	藍	藍	藍	無色	無色

蘋果

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	淡藍	無色	無色	無色
15mins	藍	藍	無色	無色	無色

芭樂

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色

<吊白塊低濃度測試(0M、0.025M、0.050M、0.075M、0.100M)>

水梨

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色

蘋果

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	無色	無色	淡藍	無色
15mins	藍	無色	無色	無色	無色

芭樂

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	無色	無色	無色	無色

【浸泡 30 分鐘】

<吊白塊濃度 (0M、0.25M、0.50M、0.75M、1.00M)>

水梨

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	無色	無色	無色	無色

蘋果

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	淡藍	無色	無色	無色

芭樂

濃度 曝氣時間	0M	0.25M	0.5M	0.75M	1.0M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	無色	無色	無色	無色

<吊白塊低濃度測試 (0M、0.025M、0.050M、0.075M、0.100M)>

水梨

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色
15mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色

蘋果

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	淡藍	淡藍	無色	無色
15mins	藍	淡藍	無色	無色	無色

芭樂

濃度 曝氣時間	0M	0.025M	0.050M	0.075M	0.100M
0mins	藍	無色	無色	無色	無色
15mins	藍	無色	無色	無色	無色

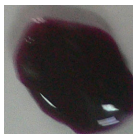

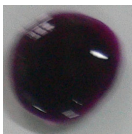

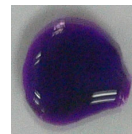

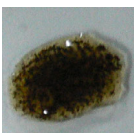

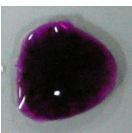
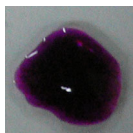


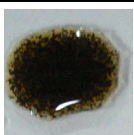
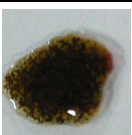
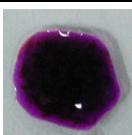



<討論> 1. 曝氣時間大致上對檢測效果的影響有限，僅水梨及芭樂檢測偶有出現不穩定的呈色現象。減弱藍吊試劑檢測能力的可能原因，推測空氣中 CO₂ 氣體溶入影響 pH 值（吊白塊為鹼性，pH 值約在 9~10 之間），及各類水果內含物相異所致。


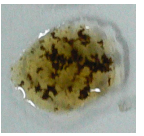

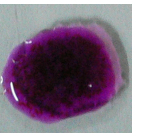









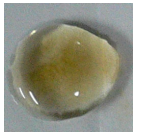

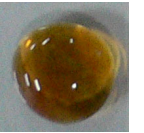
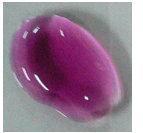
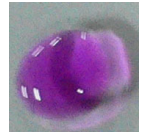
自製試劑

甲. 過錳酸鉀 (KMnO₄)

1. 實驗四、試液→吊白塊溶液(微量實驗) (紫色 → 無色)






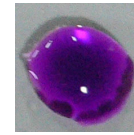
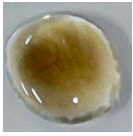




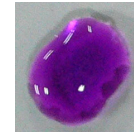

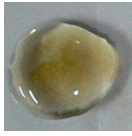


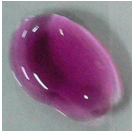
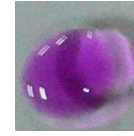


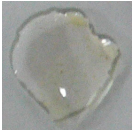

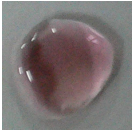
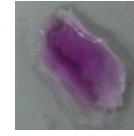




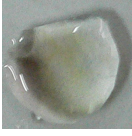






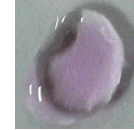
<標準液 A (重量百分濃度 2.5%)>

吊白塊 KMnO ₄	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M
100%						
75%						
50%						

25%						
10%						
5%						

- <討論>
1. 標準液 A 各個濃度幾乎均與吊白塊作用，生成 MnO_2 沉澱及 Mn^{2+} 。
 2. 過錳酸鉀試劑與吊白塊二者濃度愈高，愈易生成清晰可見的 MnO_2 黑褐色沉澱。
 3. 當過錳酸鉀試劑濃度愈低，而吊白塊濃度愈高，則 MnO_2 沉澱也進一步氧化消失成淡桃紅色的 Mn^{2+} 。
 4. 濃度愈低，各濃度呈色的差異性愈大。可再將過錳酸鉀試劑稀釋成重量百分濃度 0.25% 的標準液 B 進行測試。

<標準液 B (重量百分濃度 0.25%)>

吊白塊 $KMnO_4$	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M
100%						
75%						
50%						
25%						
10%						
5%						

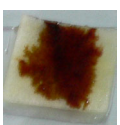
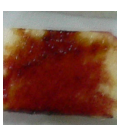

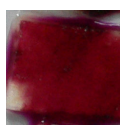

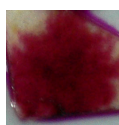
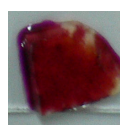

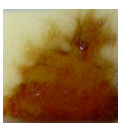
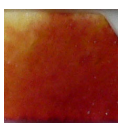
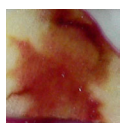

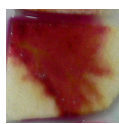
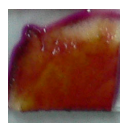
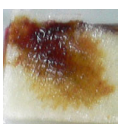

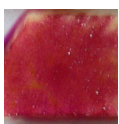

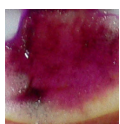
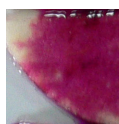

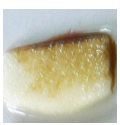

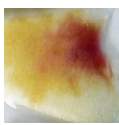
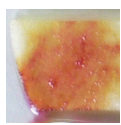
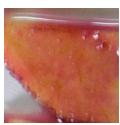
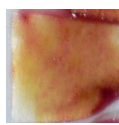

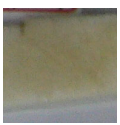




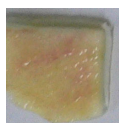





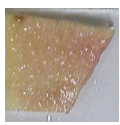

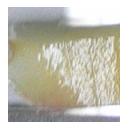






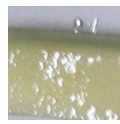
- <討論>
1. 隨著濃度的降低，產生的 MnO_2 大多形成 Mn^{2+} 離子，呈色變化明顯，

辨識效果極佳。

- 當過錳酸鉀的濃度低於 B-10%時，試液本身的顏色極淡，在檢測過程中較不易辨別檢體是否有含吊白塊，但從紫紅色變成無色，仍相當清晰。

2. 實驗五、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果

<標準液 A (重量百分濃度 2.5%)>

吊白塊 KMnO ₄	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M
100%							
75%							
50%							
25%							
10%							
5%							
1%							

- <討論>
- 浸泡吊白塊濃度為 0.1M 的水果，在過錳酸鉀試液(> A-25%)的檢測下，快速反應生成含有二氧化錳(MnO₂)的黑褐色沉積。
 - 在過錳酸鉀濃度較低(< A-25%)時，均會反應成淡桃紅色的 Mn²⁺離子，甚至無色。

將以上水果靜置三十分鐘後，呈色情形如下：

吊白塊 KMnO ₄	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M
100%							
75%							
50%							
25%							
10%							
5%							
1%							

- <討論>
1. 放置一段時間後，在相同過錳酸鉀試劑濃度下，均會呈現大致相同的顏色。推測可能是過錳酸鉀進一步和滲於水果內部的吊白塊完全作用所致。
 2. 在過錳酸鉀試劑濃度較低下，原有的紫紅色幾乎完全退去，推測可能均產生 Mn^{2+} 離子。

<標準液 B (重量百分濃度 0.25%)>






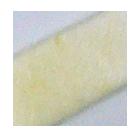
















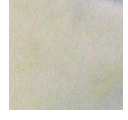
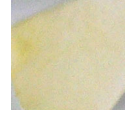

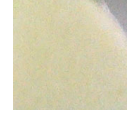


吊白塊 KMnO ₄	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M
100%							

75%							
50%							
25%							
10%							
5%							
1%							

- <討論>
- 當 KMnO_4 的濃度介於 B-100%到 25%之間時，滴在吊白塊濃度 0.1M 到 0.01M 的水果上，會產生褐色的 MnO_2 沉積；滴在吊白塊濃度 0.005M 到 0.0005M 的水果上，水果呈現介於紫紅和淡紅的顏色，推測可能是吊白塊濃度太低， KMnO_4 殘留所致。
 - 當 KMnO_4 的濃度小於 B-25%時，所有的顏色都會褪去，辨識不易。



將以上水果靜置三十分鐘後，呈色情形如下：

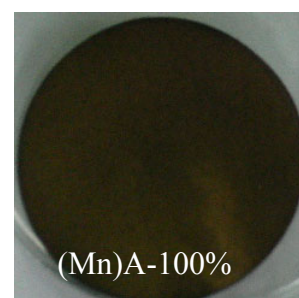
吊白塊 KMnO_4	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M
100%							
75%							
50%							

25%							
10%							
5%							
1%							

- <討論>
1. 放置 30 分鐘後，效果同於標準液 A 的情形一樣，在相同過錳酸鉀試劑濃度下，均會呈現大致相同的顏色。推測可能是過錳酸鉀進一步和滲於水果內部的吊白塊完全作用所致。
 2. 考慮將 KMnO_4 試液製作成試紙，讓少量吊白塊在試紙上局部反應。

3. 實驗六、試紙→吊白塊溶液（褐色褪去 → 無色）

吊白塊 KMnO_4	0.1M	0M
A-100%		



- <討論>
1. 過錳酸鉀試劑經過烘箱烘乾後，試紙形成褐色（二氧化錳）。
 2. 試紙內過錳酸鉀濃度過高（A-100%），顏色不易褪去，辨識困難。
 3. 考慮使用較低濃度的試液製成試紙。

吊白塊 KMnO_4	0.1M	0M
A-25%		

- <討論>
1. 試紙內過錳酸鉀濃度為上方的 1/4，顯然仍過高，不易辨識。

<標準液 B (重量百分濃度 0.25%)>

吊白塊 KMnO ₄	0.5M	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0M
100%						
75%						
**50%						
**25%						
10%						
5%						

- <討論>
1. 製成試紙的檢測效果以 B-50%、B-25%的呈色為最佳，顏色易褪去。
 2. 濃度過高或過低，似乎不易辨識，檢測困難。
 3. 考慮在製作濃度 B-75%~25%的試紙，檢驗濃度更低的吊白塊液。

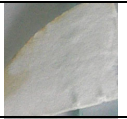
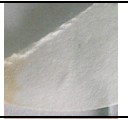
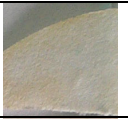








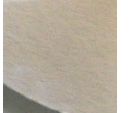
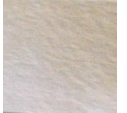

<KMnO₄ 濃度 B-75%~25%的試紙檢測結果>

吊白塊 KMnO ₄	0.001M**	0.0005M**	0.0001M	0M
75%				
**50%				
**25%				

- <討論>
1. B-50%和 B-25%可以測至 0.0005M 的吊白塊液，褐色褪去仍明顯易觀測；但濃度 B-75%試紙則幾乎無法辨識。

4. 實驗七、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果



















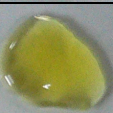

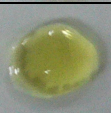
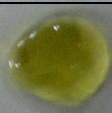


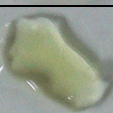
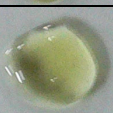
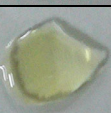
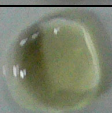
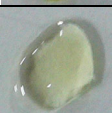
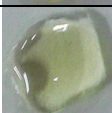
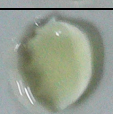
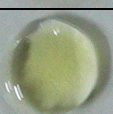
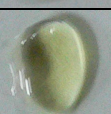
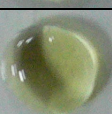
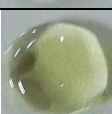
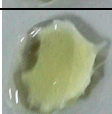
<KMnO₄ 濃度：B-25%>

吊白塊 水果	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M
水梨							
芭樂							

- <討論>
1. 以試紙檢驗最低的吊白塊濃度為 0.001M。
 2. 水梨的含水量較高，所以效果極佳，幾乎可到 0.0005M。

乙. 二鉻酸鉀 (K₂Cr₂O₇)


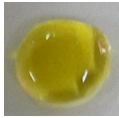
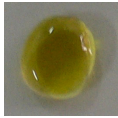

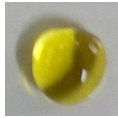
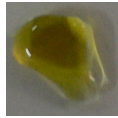
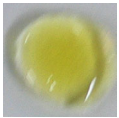
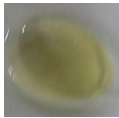
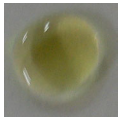
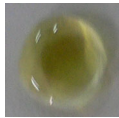
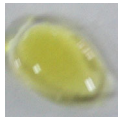
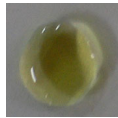
1. 實驗八、試液→吊白塊溶液 (微量實驗)

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M*未添加
100%						
75%						
50%						
25%						
10%						
5%						

- <討論>
1. 在二鉻酸鉀濃度 A-100%和 A-75%時，吊白塊濃度愈高，顏色愈難褪去。
 2. 大部份都沒有反應，推測應是反應速率較慢所致，故考慮提高反應溫度。(取 A-50%和 A-25%測試)





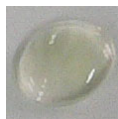
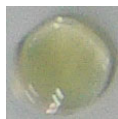





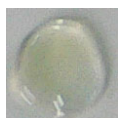














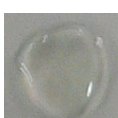
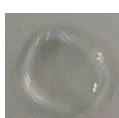
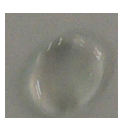
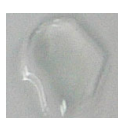





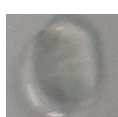
K₂Cr₂O₇ 濃度：A-50%、A-25%

反應溫度：70°C

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M*未添加
50%						
25%						

<討論> 1. 在溫度的影響下，顏色稍有改變，但整體呈色變化不大。

<添加物(降低 pH 值)：添加檸檬汁於試液中>


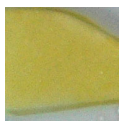









































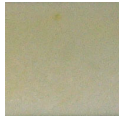



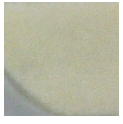

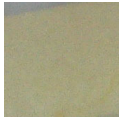
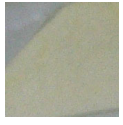

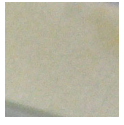

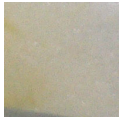
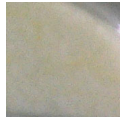
吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M*未添加
100%						
75%						
50%						
25%						
10%						
5%						

- <討論>
1. 幾乎所有都褪成無色（僅 A-100%有少許的淡黃色殘留），推測可能是因為 pH 值過低及檸檬汁內的物質，與 K₂Cr₂O₇ 反應，造成橙色完全褪去。
 2. 未來將以硫酸控制 pH 值，進一步實驗。

2. 實驗九、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果

水果種類：蘋果

溫度：室溫

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M*未添加
100%							
75%							
50%							
25%							
10%							
5%							
1%							
H ₂ O							

- <討論>
1. 以試液滴在水果上，因為反應速率甚慢，橙色無法褪去，不易檢測。
 2. 在 A-25%以下，試液本身顏色已極淡，滴在水果上皆無法呈色。(沒有浸泡吊白塊的水果亦然)

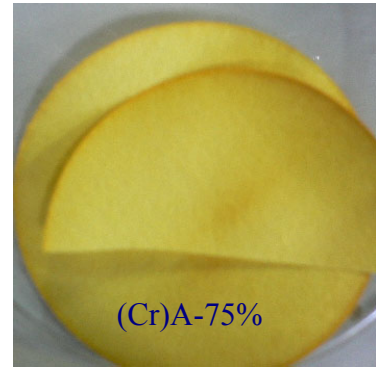
3. 實驗十、試紙→吊白塊溶液

K₂Cr₂O₇ 濃度：A-75%、A-50%、A-25%

吊白塊濃度：1M 溫度：室溫

反應時間：約 30 分鐘至 1hr

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	1M	0M*未添加
75%		
50%		
25%		



- <討論> 1. 發現 K₂Cr₂O₇ 需要較長的反應時間為其缺點，其中以 A-50%和 A-25% 的反應 結果較佳，產生了 Cr³⁺ (呈淡綠色)。
2. 以 A-50%和 A-25%兩種試紙，和濃度較低的吊白塊液進一步實驗。

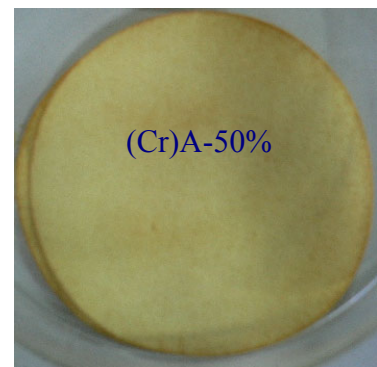
K₂Cr₂O₇ 濃度：A-50%、A-25%

吊白塊濃度：0.5M

反應時間：約 1hr

溫度：室溫

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.5M	0M*未添加
50%		
25%		



- <討論> 1. 呈色結果甚佳，可再檢測較低濃度的吊白塊，但反應時間仍過長。

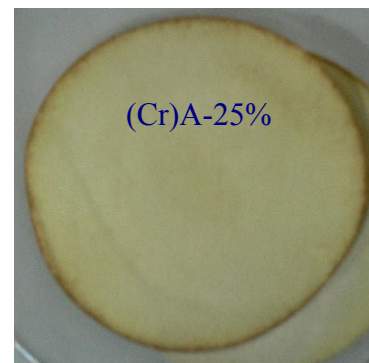
K₂Cr₂O₇ 濃度：A-25%

吊白塊濃度：0.01M

反應時間：> 1hr

溫度：室溫

吊白塊 K ₂ Cr ₂ O ₇	0.01 M	0M*未添加
25%		



- <討論> 1. 吊白塊濃度稍低，即無法產生淡綠色的 Cr³⁺ 離子。

4. 實驗十一、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果

吊白塊 $K_2Cr_2O_7$	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M*未添加
100%							
75%							
50%							
25%							
10%							
5%							
1%							

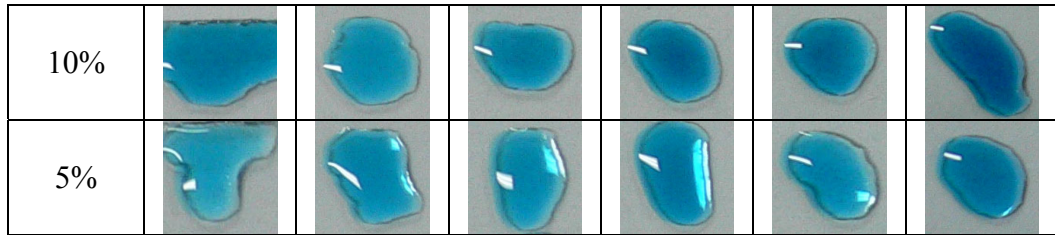
<討論> 1. 使用試紙貼在水果表面，試紙會有些微的變色，但由於差異甚小，故不易辨識是否有含有吊白塊。

丙. 孔雀綠($C_{23}H_{25}ClN_2$)

1. 實驗十二、試液→吊白塊溶液(微量實驗)

溫度：室溫 反應時間：1hr

吊白塊 孔雀綠	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0M*未添加
100%						
75%						
50%						
25%						



- <討論>
1. 孔雀綠濃度愈高，反應的效果愈明顯（深藍色褪去部分的顏色）。
 2. 反應時間相當長。
 3. 效果最好的是 A-50%，可以測到 0.005M

2. 實驗十三、試液→浸泡過吊白塊溶液的水果

溫度：室溫

吊白塊 孔雀綠	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M*未添加
100%							
75%							
50%							
25%							
10%							
5%							

- <討論>
1. 大部份的試液褪色反應都不明顯，但孔雀綠濃度在 A-50%以下時，與濃度 0.1M 的吊白塊反應有褪色現象，故顏色較淡。

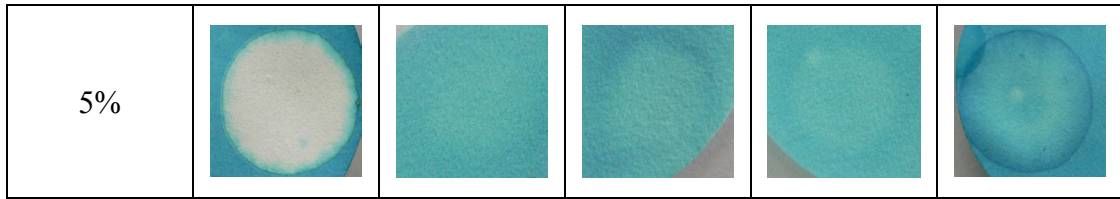
3. 實驗十四、試紙→吊白塊溶液

孔雀綠濃度：A-5%（濃度低，較易反應完全褪色，適合作試紙） 溫度：室溫

吊白塊濃度：0.1M、0.05M、0.01M、0.005M

反應時間：>2hr

吊白塊 孔雀綠	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0M*未添加










<討論> 1. 效果相當不錯，試紙中央滴有 0.1M 吊白塊的部分，幾乎完全褪色。
2. 需要較長的反應時間為其缺點。

4. 實驗十五、試紙→浸泡過吊白塊溶液的水果

孔雀綠濃度：A-5%

溫度：室溫

反應時間：>2hr

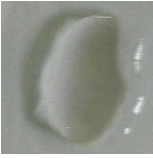




吊白塊 孔雀綠	0.1M	0.05M	0.01M	0.005M	0.001M	0.0005M	0M*未添加
5%							

<討論> 1. 效果仍以 0.1M 的吊白塊最佳，0.05M 和 0.01M 亦有些微的褪色。

丁、碘(I₂)

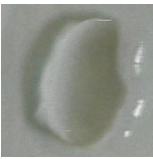




1. 實驗十六、試液→吊白塊溶液(微量實驗)

溫度：室溫

吊白塊 碘	0.1M	0.01M	0.001M	0.0001M	未添加
0.003M					

<討論> 1. 可測出吊白塊至 0.01M，且反應時間相當快
2. 顏色由淡黃轉為無色，易判別

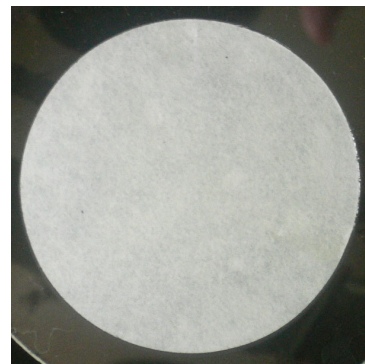
<在空氣中放置約 20 分鐘>

吊白塊 碘	0.1M	0.01M	0.001M	0.0001M	未添加
0.003M					

<討論> 1. 無論是否有加入吊白塊溶液，液體都轉成無色
2. 推測可能是空氣中有物質可與碘反應，使它變成無色的 KI

實驗十七、試紙→吊白塊溶液

試紙經過烘乾之後，呈現無色(如圖)



戊、晶紅酸

1. 實驗十八、試液→吊白塊溶液(微量實驗)

溫度：室溫

吊白塊 晶紅酸	0.1M	0.01M	0.001M	0.0001M	未添加
0.003M					

- <討論>
- 1.僅可測出吊白塊至 0.1M，且反應時間相當快
 - 2.為由紅色到無色的脫色反應，易判別

2. 實驗十九、試紙→吊白塊溶液

吊白塊 晶紅酸	0.1M	0.01M	0.001M	水
0.003M				

- <討論>
- 1.只有 0.1M 的吊白塊液可使晶紅酸產生脫色反應。

2. 討論

- 一、很多水果的切口會產生“褐變”，尤以蘋果、水梨為甚。引發褐變的原因是果實中“多酚氧化酶”酵素作用的結果。當果實完整的時候，植物組織中的酚與醌之間保持著一種動態平衡；當細胞組織破壞後（如削皮、切開、壓傷、蟲咬等），氧氣大量侵入，酚與醌之間的平衡被破壞。在酵素的催化作用下，發生醌積累，醌再進一步氧化聚合便形成褐色色素。酶促褐變必須具備三個條件：須有多酚類、多酚氧化酶和 O_2 。只要消除這三個條件中的任何一個，就可防止褐變現象，比較有效的辦法是抑制多酚酶的活性，其次是防止與 O_2 接觸。

- 二、褐變按其發生機制，有另一種非酶褐變，此常伴隨熱加工及較長期的貯存而發生。市場小販常販售削皮、切開的水果，爲了避免褐變影響銷售，常添加吊白塊加以抑制，因爲吊白塊是一種亞硫酸鹽及甲醛基衍生物，具有抗氧化及漂白等功效，但若過量使用或長期食用，常會誘發氣喘發作，影響身體健康。
- 三、在選擇檢驗吊白塊添加劑的試液上，特別針對能與亞硫酸鹽或醛基氧化的反應試劑，進行一連串的實驗。選擇強氧化劑（如 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ）與亞硫酸鹽在室溫下反應較快，可能是反應過程中牽涉的化學鍵斷裂較少所致，另嘗試調整 pH 值進行測試。至於過錳酸鉀試液及試紙效果均佳，可能因產生的亞錳離子（ Mn^{2+} ）會造成自催化反應之故。而 KMnO_4 爲暗紫晶體，熔點在高溫 240°C 分解，應屬安定，且產生的 MnO_2 仍具氧化力，可與吊白塊繼續反應。
- 四、一般染料（如：晶紅酸、孔雀綠）的分子較大，在分子碰撞反應上較緩慢，可能需從提升溫度及調整 pH 值進一步測試。
- 五、未來將進行各試劑的 pH 值影響測試，並進行晶紅酸及碘液的配製與測試，最後自製成方便攜帶且穩定性佳的試紙。

四、結論與應用

1. 藍吊試劑

- (一) 本身不甚穩定，對同一濃度的吊白塊，會有不同的呈色。
- (二) 藍吊試劑顏色極淡，有時無法辨識呈色。
- (三) 浸泡時間和在空氣中的擺放時間，多少都會影響檢測效果。

2. 過錳酸鉀試劑

- (一) 濃度愈高，會與吊白塊產生較多的 MnO_2 沉澱。隨著過錳酸鉀濃度的降低，反應較完全，形成 Mn^{2+} (呈色由紫紅色轉淡)。
- (二) 已滴上過錳酸鉀的水果若靜置 30 分鐘，無法辨識差異。
- (三) 目前以過錳酸鉀試劑製成試紙成效較佳，最適合檢測的範圍是 B-50% 和 B-25%。

3. 二鉻酸鉀試劑

- (一) 與吊白塊的反應速率較慢，較不適合用於檢測。
- (二) 降低 pH 值，可提升二鉻酸鉀試劑的變色效果。
- (三) 二鉻酸鉀的試紙(B-50%和 B-25%)有較佳的效果，但僅適用於吊白塊液，用於水果表面成效不佳。

4. 孔雀綠

- (一) 與吊白塊會產生脫色反應，但卻是目前所有研究試劑中反應最慢的。
- (二) 僅於 0.1M 的吊白塊測試有極佳的褪色反應，卻無法檢測更低的濃度。

5. 碘

- (一) 可測出吊白塊至 0.01M，且反應時間相當快。
- (二) 顏色由淡黃轉爲無色，易判別；但久置過程中，碘易照光分解，使其成爲無色的 KI。

6. 晶紅酸

(一) 僅可測出吊白塊至 0.1M，且反應時間相當快。

(二) 由紅色到無色的脫色反應，易判別；但對於較低濃度的測試，略顯不彰。

五、參考文獻

1. 聯合晚報 2004/7/9
2. 中國青年報 2001/9/26
3. 柯清水：正文當代化學化工大辭典
4. 沈介仁，陳自珍：食品添加物
5. 續米清：食品化學
6. 吳淑靜，柯文慶，賴滋漢：食品添加物
7. 化學化工藥學大辭典 大學圖書出版社
8. 甲醇檢查法 http://food.doh.gov.tw/life/com/easy_check_02.htm
9. ABS 殘留物檢查法 http://food.doh.gov.tw/life/com/easy_check_01.htm
10. 二氧化硫快速檢測 http://bmeweb.niu.edu.tw/pcwu/Lily/SO2_11.htm

評語

利用氧化還原的原理，設計檢驗吊白塊的分析方法，在食品安全方面有助於生活的品質提升，可以推廣但須有定量數據找出校正曲線才易推廣。