

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 化學科

最佳(鄉土)教材獎

050214

自製簡易吊白塊檢測試紙

學校名稱：國立彰化高級中學

作者： 高二 楊昌峻 高二 蕭培均	指導老師： 周文釗
-------------------------	--------------

關鍵詞：吊白塊、低濃度試紙、防腐劑

摘要

這幾年常常聽到許多食品加了非法食品添加物，使人們防不勝防，然而送驗食品又並非如此容易，因而使我們想要找出在實驗室中就能利用簡易的方法測出那些非法食品添加物，讓人能吃的安心。

我們利用了澱粉與碘化鉀錯合物，製成了「簡易吊白塊檢測試紙」，並且能推廣到其他與吊白塊同性質的非法食品添加物(例如:亞硫酸、焦亞硫酸)。

利用滴測前後顏色的數據變化，做出吊白塊的檢量線，但是，初期開發的試紙在吊白塊濃度低於 40ppm 時有觀察及檢測的困難，經過多次改良與實驗，我們開發出了煙燻法，在低濃度時也能有明顯的顏色變化的試紙，且做出漸層的試紙，在不用電腦分析下也能快速了解食品溶液還原劑濃度的區間，大大的提高了我們試紙的使用價值。

壹、研究動機

每年只要到了清明節，總是會在新聞上看到吊白塊的猖獗，甚至連我們家也因此買到了幾間被爆出有問題的潤餅皮，經查詢過後吊白塊溶解於水中會產生甲醛和亞硫酸，前者是一級致癌物，有失明以及死亡的危險，後者則會誘發氣喘，食用過多添加吊白塊的食品，會對肝臟、肺臟、腎臟帶來負擔，多的話甚至會導致死亡，於是我們希望可以檢測出這類時常被添加在食品的有毒物質，並且試著估計食品裡非法食品添加物的量，幫助人們對所購買的食品做初步簡單的檢測，對食品安全盡一份心力。

貳、研究目的

- 一、尋找碘做成試紙的最佳溶劑和適合的濃度。
- 二、尋找試紙的最佳材料。
- 三、探討試紙檢測物推廣到其他防腐劑或漂白劑的狀況。
- 四、分析試紙在不同濃度吊白塊溶液下的變色情形。
- 五、分析試紙在檢測食品時的變色情形。
- 六、做出低濃度以及高濃度吊白塊的檢量線並應用在食品檢測上。

參、研究設備及器材

- 一、藥品與材料：碘化鉀、碘、澱粉、酒精、燒杯、鋁箔紙、濾紙、量筒、蒸餾水、滴管、試管、試管架、甲醛、吊白塊、亞硫酸鈉、玻棒。
- 二、設備及器材：烘箱、電腦、電子秤、加熱器、imagej 軟體、自製簡易試紙拍照裝置。

肆、研究過程或方法

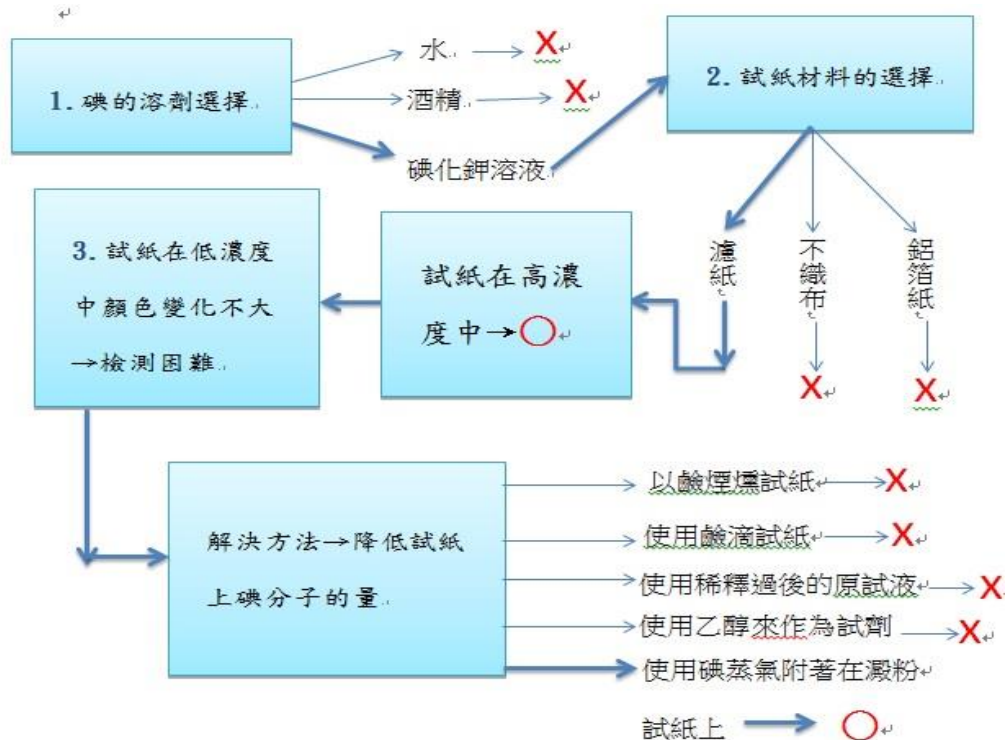
一、研究過程簡述：

(一)首先，我們認為由氧化還原下手最佳，於是我們馬上聯想到在化學上用來檢測氧化劑的 KI 試紙，氧化力大於單質碘的氧化力的待測物質，可以從碘化鉀中置換出碘分子，與澱粉作用而呈藍色，所以我們便利用此特性，我們把反應倒轉，利用還原力

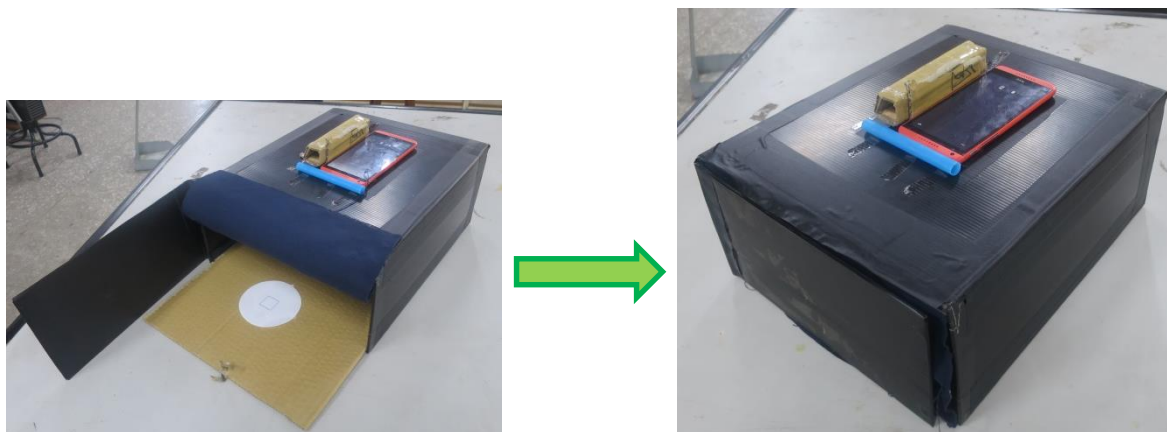
大於碘離子的還原劑(例如：亞硫酸、甲醛次酸氫鈉)，做出來使原本藍色的碘分子，還原變成無色的碘離子。



(二)試紙製作選擇樹狀圖



(三)自製簡易試紙拍照裝置



二、研究方法

(一)尋找溶劑及濃度

我們要製作出深藍色檢測試紙，所以我們利用澱粉液+碘液會呈現藍色的原理，在製作的過程中，由於澱粉可溶於水，所以我們對於澱粉的溶劑直接確定使用了水。至於碘的溶劑，我們設計了以下三組實驗，目的是為了比較這三種試紙的狀況，並選擇試紙成品效果最佳的溶劑，來作為成品原料使用

1. 水+碘

使用澱粉液(3.8%重量百分濃度)與水+碘(0.008%重量百分濃度)來與其他溶劑比較，並且控制碘液，來作不同比例間的比較。

	1	2	3	4	5
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	9ml	8ml	7ml	6ml	5ml
碘水溶液使用量(重量百分濃度 0.008%)	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml

2. 酒精+碘

使用澱粉液(3.8%重量百分濃度)與酒精+碘(0.003M 體積莫耳濃度)來與其他溶劑比較，並分別將澱粉液與碘化鉀溶液+碘控制為定值，來作不同比例間比較。

控制澱粉使用量	1	2	3	4	5
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml
碘酒精溶液使用量(體積莫耳濃度 0.003M)	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
控制碘使用量	6	7	8	9	10
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml
碘酒精溶液使用量(體積莫耳濃度 0.003M)	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml

3. 碘化鉀溶液+碘

使用澱粉液(3.8%重量百分濃度)與碘化鉀(0.6M 體積莫耳)+碘(0.041g)+水來與其他溶劑比較，並分別將澱粉液與碘化鉀溶液+碘控制為定值，來作不同比例間的比較。

控制澱粉使用量	1	2	3	4	5
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml
碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+碘(0.041g)溶液使用量	7ml	6ml	5ml	4ml	3ml
控制碘使用量	6	7	8	9	10
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	9ml	8ml	7ml	6ml	5ml
碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+碘(0.041g)溶液使用量	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml

(二)尋找試紙材料

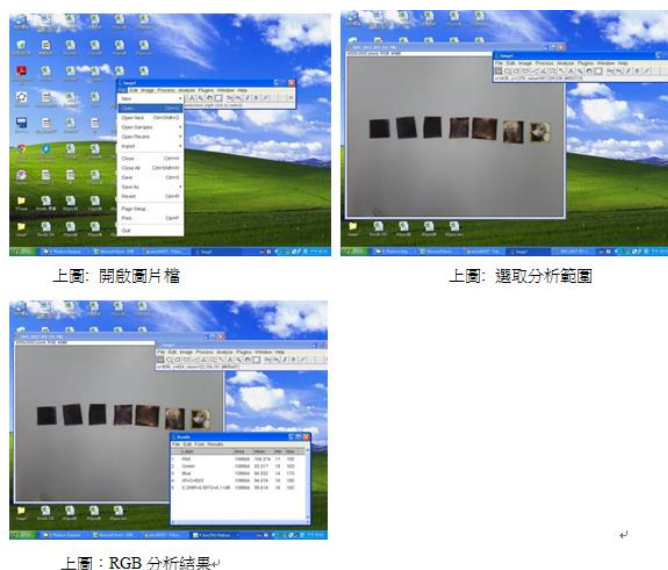
至於試紙，我們以試劑的附著度和製作的穩定程度來做為選擇標準，起初，我們的樣品選擇了下列三種：

1. 不織布
2. 鋁箔紙
3. 濾紙

由這三種試紙材料來先做最一開始的篩選，將定量的試液〔澱粉液(重量百分濃度 3.8%)+ 碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+碘(0.041g)〕滴在濾紙上(詳見討論六)，之後拿進 200 度 C 的烘箱烘 30 分鐘，最後再滴入吊白塊溶液比較三者的變色結果

(三) 試紙檢測物推廣以及吊白塊濃度檢測效果

我們所做出的試紙是以檢測還原劑為原理，我們設想是不是也可以推廣使用到其他也是利用氧化還原為原理使用的非法防腐劑，所以我們上網查詢了資料，我們找到了二氧化硫、焦亞硫酸鈉、雙氧水以及甲醛來嘗試，並且觀測反應狀況。並且利用 imagej 來分析呈色變化與吊白塊濃度變化的關係，再用 100ppm、80ppm、60ppm、40ppm、20ppm、10ppm、5ppm、1 ppm 這八個濃度，滴 0.1ml 在試紙上，並觀察其變色效果。下圖為 imagej 軟體使用：



最後再利用試紙變色的前後差值做出吊白塊檢量線並觀察其變化與濃度的關係。

(四) 低濃度吊白塊與樣品的檢測試紙改良

在低濃度的吊白塊檢測上，由於低濃度的吊白塊溶液，在原試紙上的變化不明顯，於是我們便開始實驗改良，希望可以讓低濃度吊白塊溶液也能有明顯變色，經過一番實驗後，我們淘汰掉了稀釋試液、原試紙與鹼反應等方法，最後開發出了碘蒸氣試紙製法，使試紙在低濃度吊白塊溶液上也能有明顯的顏色變化，並同樣滴 0.1ml 在試紙上，再用其試紙變色的前後差值，做出低濃度吊白塊溶液的檢量線。

(五) 觀察將試紙應用在市面上的食品的呈色

我們將市面上常會添加吊白塊或其他防腐劑的食品浸泡在水中，然後使用我們的試紙檢測，再用 imagej 分析，我們的樣品有麵條、米粉、冬粉、麵線、牛蒡、豆棗、筍乾、香菇、金針、潤餅皮、市場黃麵、市場白麵、蝦米、金針菇、粉絲和貢丸，將它們放入水中加熱，然後滴在試紙上觀察變化，並且利用高濃度以及低濃度檢量線，得知所調配的食品溶液濃度，算出真實食品中的估計添加量，讓人更進一步了解食用的量。

伍、研究結果

一、分析溶劑及濃度影響

1. 水+碘

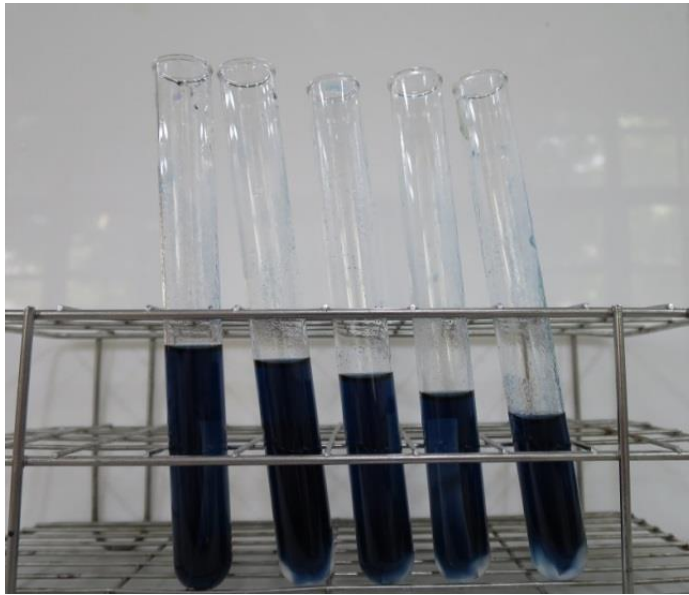


圖 1：試紙泡在以水當溶劑的碘液+澱粉液的實驗溶液中(由左到右分別是 1 到 5)

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	9ml	8ml	7ml	6ml	5ml
碘水溶液使用量(重量百分濃度 0.008%)	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml
照片 進入攝氏 200 度烘箱前					
烘 30 分鐘後					

因為碘在水中的溶解度過小，所以我們很難改變它的濃度，所以我們只做了改變澱粉量的實驗。

2. 酒精+碘

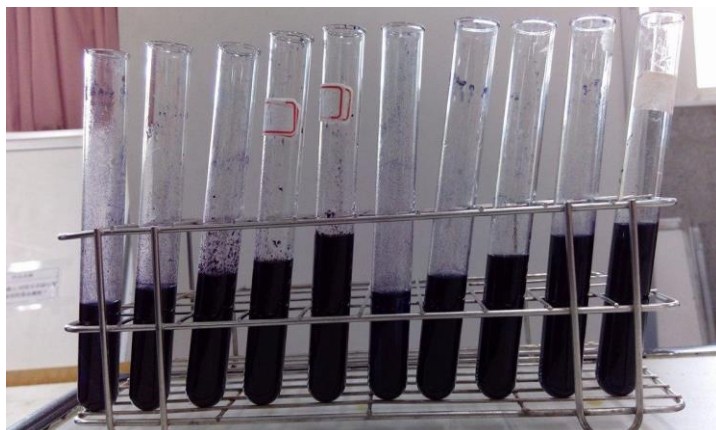




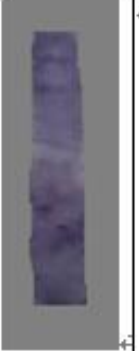

















圖 2：試紙泡在以酒精當溶劑的碘液+澱粉液的實驗溶液中(由左到右分別是編號 1 到 10)

控制澱粉的量不變，改變碘的量

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml
碘酒精溶液使用量(體積其耳濃度 0.003M)	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
照片 進入攝氏 200 度烘箱前					
烘 30 分鐘後					

控制碘的量，改變澱粉的量

	編號 6	編號 7	編號 8	編號 9	編號 10
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml
碘酒精溶液使用量(碘液其濃度 0.0032M)	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml
照片 進入攝氏 200 度烘箱前。					
烘 30 分鐘後					

3. 碘化鉀溶液+碘

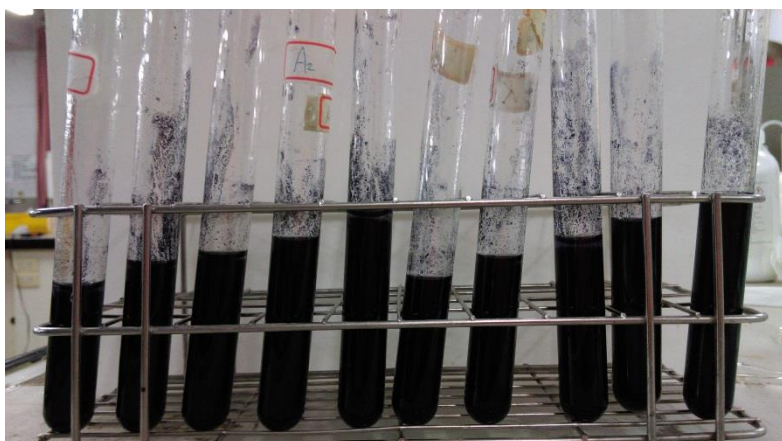






















圖 3：試紙泡在以碘化鉀溶液作為溶劑的碘液+澱粉液的實驗溶液中。(由左到右分別是 1 到 10)

控制澱粉的量，改變碘的量

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5
澱粉液使用量(重量百分 濃度 3.8%)	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml
碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+ 碘(0.041g)溶液使用量	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
照片 進入攝氏 200 度烘箱前					
烘 30 分鐘後					










控制碘的量不變，改變澱粉的量

	編號 6	編號 7	編號 8	編號 9	編號 10
澱粉液使用量(重量百分濃度 3.8%)	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml
碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+ 碘(0.041g)溶液使用量	3ml	3ml	3ml	3ml	3ml
照片 進入攝氏 200 度烘箱前					
烘 30 分鐘後					

二、分析試紙材料











(一)製作過程與分析：

將 20 滴 [澱粉液(重量百分濃度 3.8%)+ 碘化鉀(體積莫耳 0.6M)+碘(0.041g)]溶液均勻滴在濾紙、不織布、鋁箔紙上，然後送入烘箱，烘 30 分鐘後，拿出來開始滴測 20ppm 的吊白塊溶液。

↻	送入烘箱前↻	從烘箱取出後↻ (送入攝氏 200 度的烘箱中烘 20 分鐘)↻	以 50ppm 的吊白塊溶液滴測↻ 結果↻
濾紙↻			
不織布↻			
鋁箔紙↻			


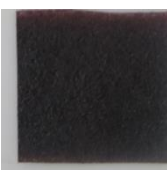

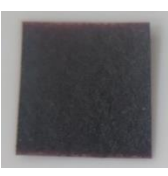








三、分析試紙檢測物推廣

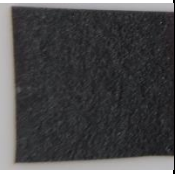


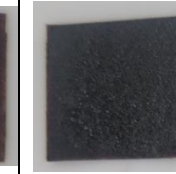
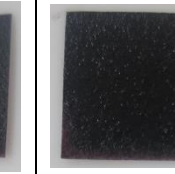
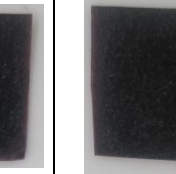

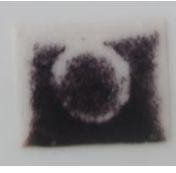


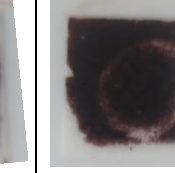
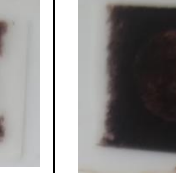
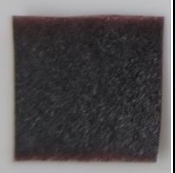
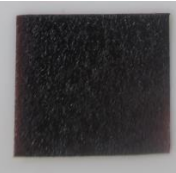

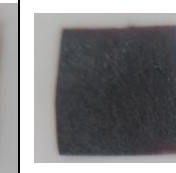
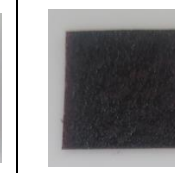
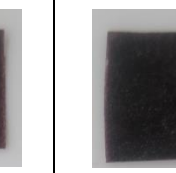



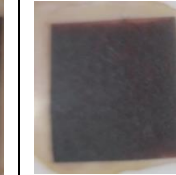
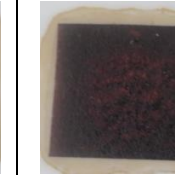
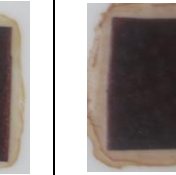
分析二氧化硫、焦亞硫酸鈉、雙氧水以及甲醛加入試紙的變色狀況。





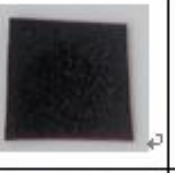
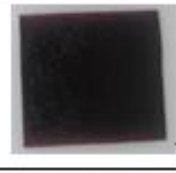




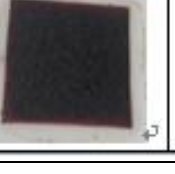

	吊白塊 100ppm	甲醛	亞硫酸根 50ppm	焦亞硫酸根 50ppm	雙氧水
滴測前					
滴測後					

四、利用 imagej 來分析呈色變化與吊白塊濃度變化的關係

利用這個程式，我們將更精確地為我們是紙的顏色變化做出分析，其原理是用軟體框取圖片範圍後，利用 RGB 顏色分析，做出紅綠藍三種顏色的比例，例：當 RGB 分析出來的數據為 R:0 G:0 B:0 時，表示圖片顏色趨近於黑色；若數據為 R:200 G:200 B:200 時，則顏色的圖片越趨近於白色，因此我們將 100ppm、80ppm、60ppm、40ppm、20ppm、10ppm、5ppm、1ppm 的吊白塊水溶液，滴 0.1ml 在 8 張我們的試紙上，並且利用滴測前後 RGB 的數據，來呈現前後的深淺變化，並利用 8 種不同濃度做出表格，最後再使用滴測前後 RGB 的值來製作折線圖

吊白塊 濃度	100ppm			80ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						

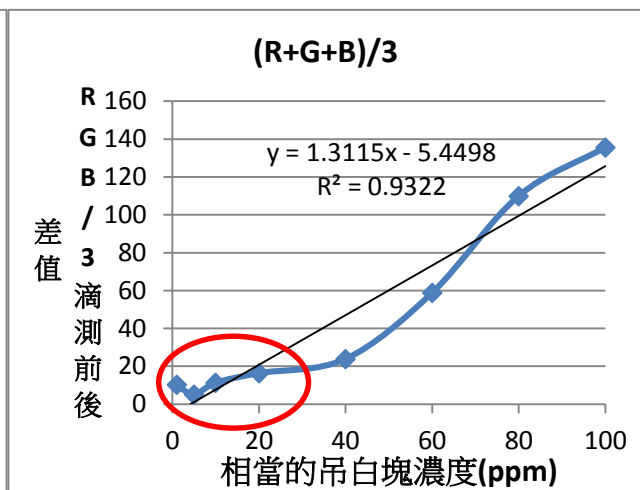
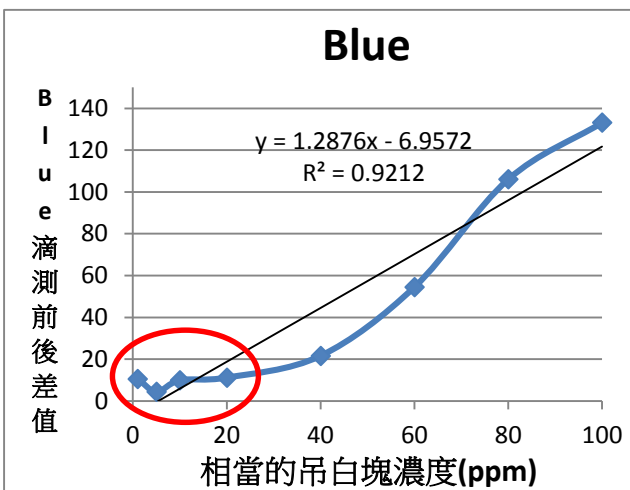
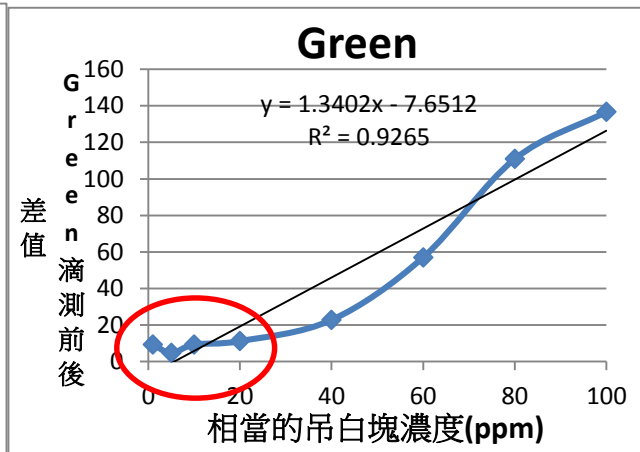
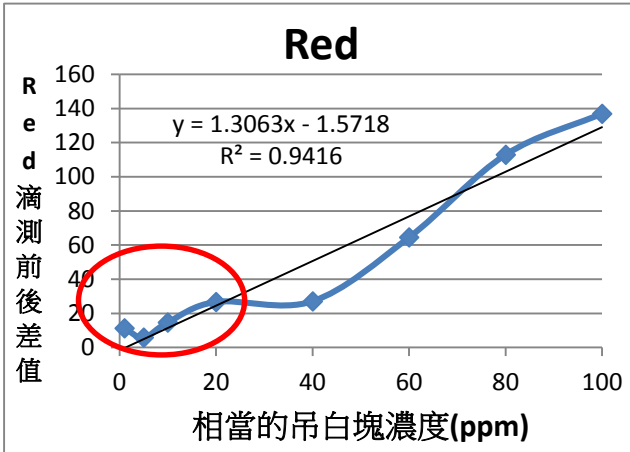
吊白塊 濃度	60ppm			40ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						
吊白塊 濃度	20ppm			10ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						

吊白塊 濃度	5ppm			1ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						

	Red 差值	Green 差值	Blue 差值	(R+G+B)/3 差 值	(R+G+B)/3 差值標準差
100ppm	136.963	136.7305	133.176	135.5385	1.206393247
80ppm	112.8915	110.94	106.0765	109.889	13.09938

60ppm	64.512	57.0395	54.5145	58.7205	6.99328184
40ppm	27.121	22.8215	21.5645	23.842	9.40782
20ppm	26.7735	11.2525	11.13	16.35	3.025434294
10ppm	14.723	9.3805	9.876	11.221	3.712653319
5ppm	5.8265	4.736	4.3605	5.058	6.398229043
1ppm	11.4045	9.392	10.5245	10.2235	1.996004732

註：上方所言差值為同一濃度三張試紙差值的平均

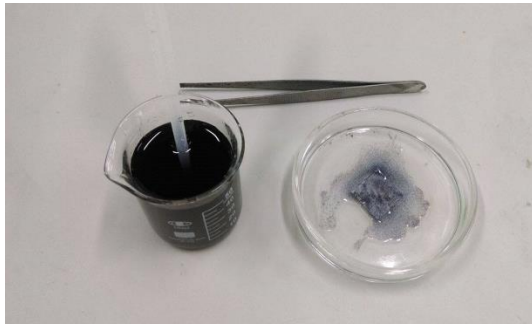


在高濃度吊白塊溶液中，我們能夠看出明顯的變化，但是在低濃度中(上圖中紅色橢圓所選取範圍)，由於試紙本身的顏色太深，以至於顏色變化極不明顯，導致 imagej 的差值極小甚至無法使用，所以，我們便想要改良試紙，找出專門用以檢測低濃度吊白塊的試紙。

五、低濃度吊白塊與樣品的檢測試紙改良

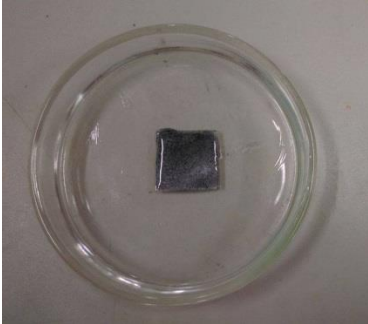
(一) 稀釋試液：將做好的碘分子+澱粉的藍色溶液加水稀釋，以減少試紙上碘分子的藍色

首先，我們認為試紙上過多的碘粒，導致較低濃度的吊白塊，無法將試紙上某一區塊的碘粒帶走，而只是削薄了那一區塊的碘粒，使圖片前後並無明顯的顏色變化，有鑑於此，我們希望可以降低試紙上碘粒的數量，我們將原試液加了等體積的水稀釋，藉此降低在試紙上的碘粒。



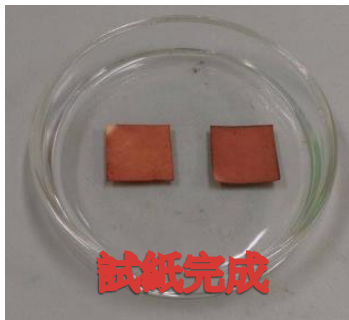
：左圖中的試液為被稀釋過的試液

然而，這並沒有成功，由下圖可得知，由於過多的水分，導致了碘粒在試紙上分布的均勻度大幅下降，影響最後試紙的使用。

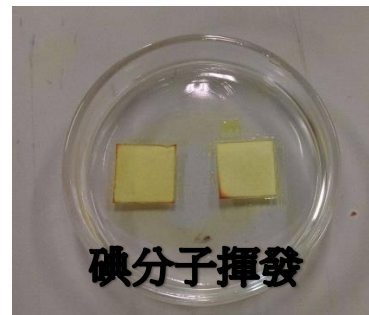


(二)以 75%酒精+碘做為試液的紅棕色碘錯離子試紙

再來，我們猜想溶在乙醇中的碘分子(如下圖)，是否可以拿來檢測，而且沒有澱粉的話，在試紙上的碘分子應該也能夠減少。



五分鐘後



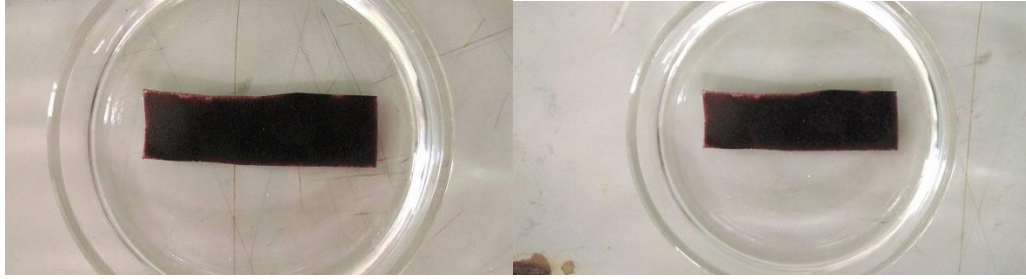
但是，在放置不到 5 分鐘後，試紙上的乙醇揮發，變成了兩張顏色非常淺的試紙，因為試紙非常不穩定，這個方式所做成的試紙也無法使用。

(三)原試紙與鹼反應

1. 在密閉容器中放置鹼與試紙讓試紙上的碘分子反應以減少試紙顏色深度
為了使均勻的使試紙上的碘粒減少，我們試著使用 $I_2 + OH^- \rightarrow I^- + IO_3^- + H_2O$
這個反應式來均勻的減少碘分子，為了使其反應，我們將 10g 的氫氧化鈉、100ml 的水和我們的試紙共同放在密閉的容器中(如下兩張圖)，



然而，在置放了 3 個小時後，試紙的顏色變化非常不明顯(如下兩張圖)，

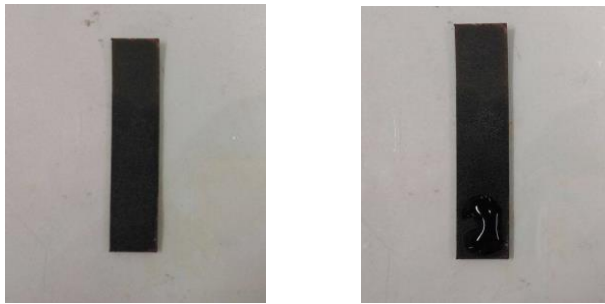


放入前

放入後

2. 將鹼用口徑 0.45mm 針頭注射在試紙表面以求試紙顏色變淺

有鑑於上一個實驗，我們決定採取更直接的方式讓碘分子與鹼反應，我們使用了口徑 0.45mm 的針頭，注射 0.1M 的氫氧化鈉溶液在試紙的表面，然而我們便馬上了解，這個方式也是行不通的，因為並沒有辦法均勻的使試紙的碘分子變少(如下兩張圖)。



注射前

注射後

(四)利用澱粉試紙與碘蒸氣結合的試紙製作方法

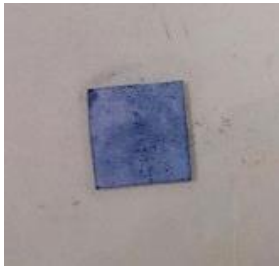
上述幾個實驗，我們都將重點放在減少在「原本」深藍色試紙上的碘分子，後來我們便想到了是否可以直接在試紙製作的時候減少碘分子的量，但若現在去尋找可行的碘液及澱粉液濃度，又有如大海撈針。

最後，我們想到讓試紙上先附著少量且平均的澱粉液，再加熱碘，使碘以碘蒸氣方式撞擊澱粉後形成錯化物，並且在靜置一段時間使碘凝華，這樣便可以藉由控制澱粉與碘蒸氣的撞擊時間，來控制澱粉與碘分子錯化物的生成量，做出錯化物較少且均勻分布在試紙表面的試紙，用來檢測較低濃度的吊白塊溶液。

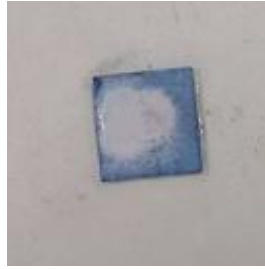


左圖為改良試紙的製作情形

下圖為改良後的試紙滴測 30ppm 吊白塊溶液變色情形



滴測前



滴測後

由上面兩張圖我們可以看到，與原試紙比較，以不同方法所製作出來的試紙能在低濃度時看到明顯的變色效果。

控制碘蒸氣撞擊的時間，我們能做出試紙的漸層變化，並且可以事先找出使其變白的最低濃度，便可以使用一系列的試紙，找到待測物變白與不變白的兩張試紙，藉此可以不用使用電腦分析，便可以快速的了解待測物的還原劑濃度。

(下圖為試紙的漸層，由左至右的碘蒸氣撞擊時間為 3 秒、5 秒、15 秒、60 秒、90 秒、120 秒)

1ppm

20ppm

40ppm

60ppm

70ppm

75ppm

(上面數據為試紙出現白色的最低濃度)

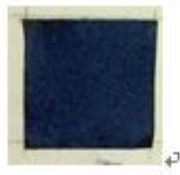

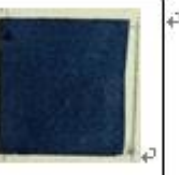


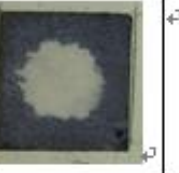





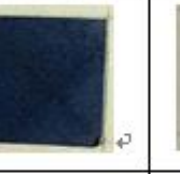
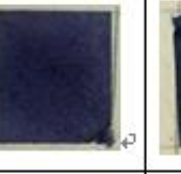

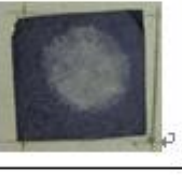
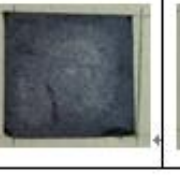
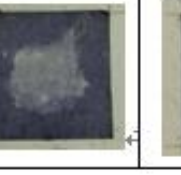
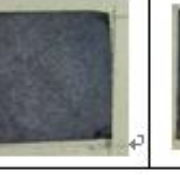
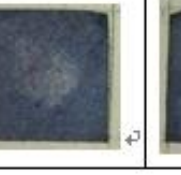

撞擊時間短

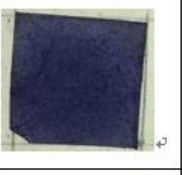
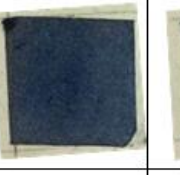
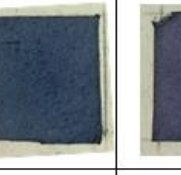
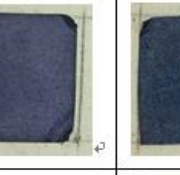
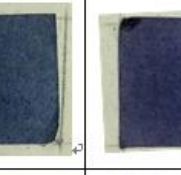
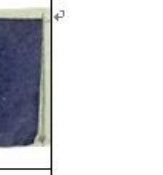

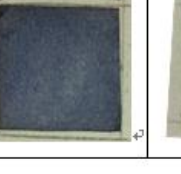

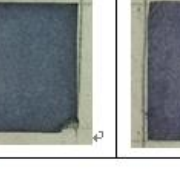


撞擊時間長



(五)改良後試紙變化圖 (圖中試紙為碘蒸氣撞擊 15 秒所製成的改良試紙)

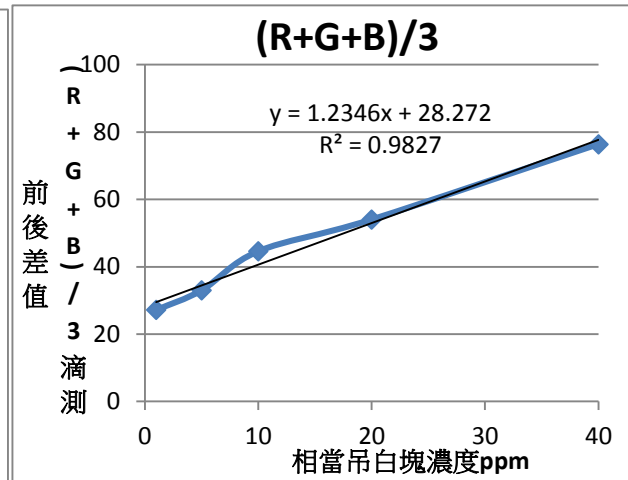
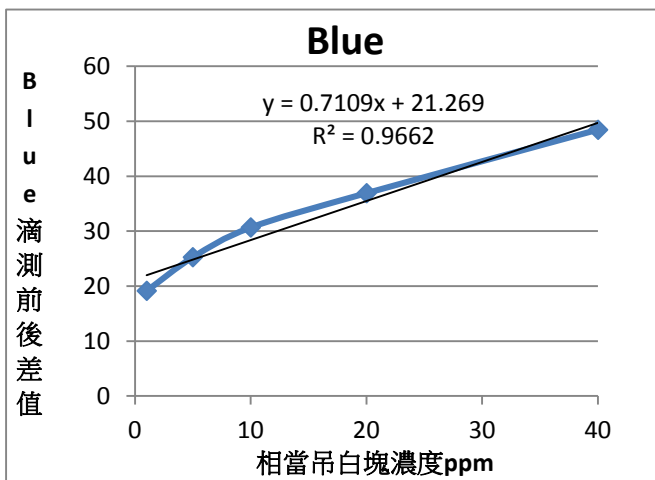
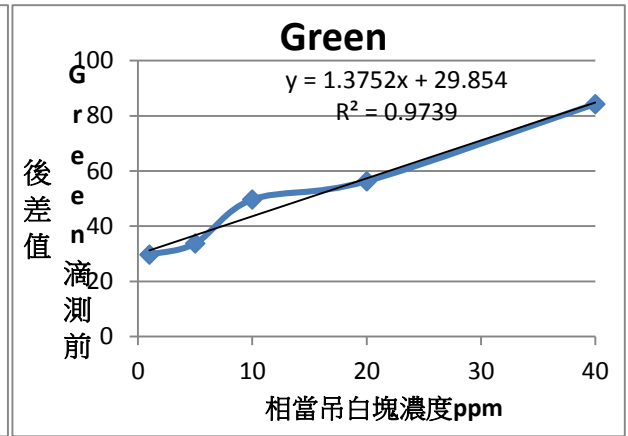
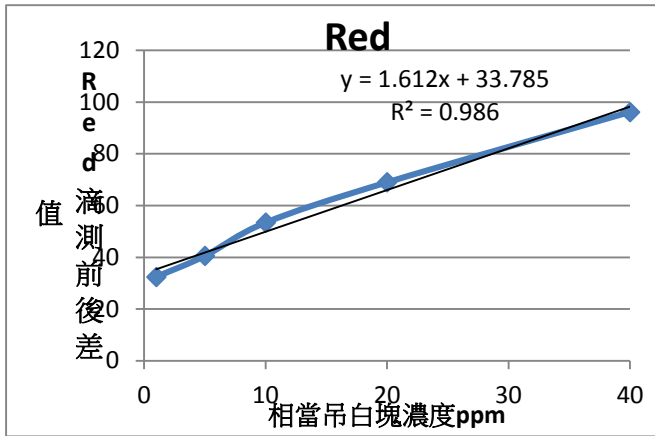
吊白塊濃度	40ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前			
滴測後			

吊白塊濃度	20ppm			10ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						

吊白塊濃度	5ppm			1ppm		
	試紙 1	試紙 2	試紙 3	試紙 1	試紙 2	試紙 3
滴測前						
滴測後						

註：下方所言差值為同一濃度三張試紙差值的平均

	Red 差值	Green 差值	Blue 差值	(R+G+B)/3 差值	(R+G+B)/3 差值標準差
40ppm	96.17067	84.26567	48.44367	76.365	1.258097
20ppm	68.95667	56.31233	36.906	54.028	2.577973
10ppm	53.38233	49.68233	30.65633	44.59733333	10.03883
5ppm	40.50933	33.83367	25.25	33.02666667	8.228705
1ppm	32.41767	29.69033	19.11567	27.17366667	4.446625








五、觀察將試紙應用在市面上的食品的呈色變化



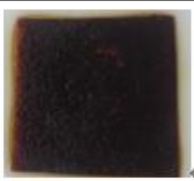


(一)麵線

食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測 前後差值
初期開發的試紙			5.452
改良後試紙			21.026


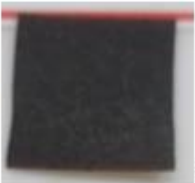



(二)冬粉

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			0.473
改良後試紙	5g/50ml			16.425






(三)米粉

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			2.946
改良後試紙	5g/50ml			19.169






(四)牛蒡

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後差值
初期開發的試紙	10g/50ml			11.868
改良後試紙	5g/50ml			56.285



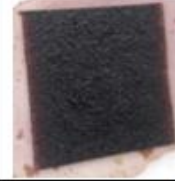

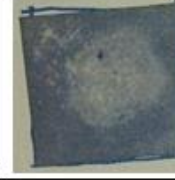
(五)豆棗

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後差值
初期開發的試紙	10g/50ml			4.856
改良後試紙	5g/50ml			31.744


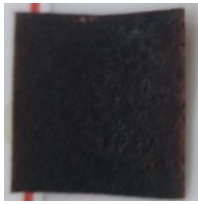

(六)麵條(有包裝)

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後差值
初期開發的試紙	10g/50ml			4.119
改良後試紙	5g/50ml			29.135

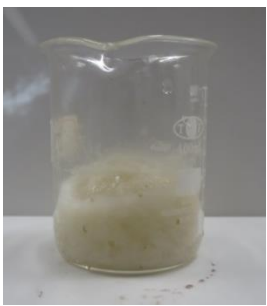
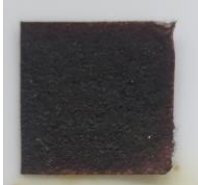
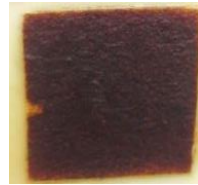
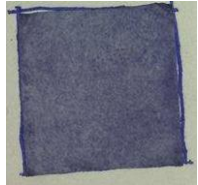
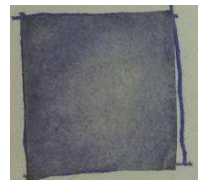
(七)筍乾

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後差值
初期開發的試紙	10g/50ml			6.745
改良後試紙	5g/50ml			49.211




(八)金針

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	10g/50ml			138.59




(九)潤餅皮

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			9.686
改良後試紙	5g/50ml			34.948

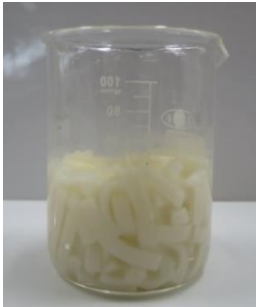

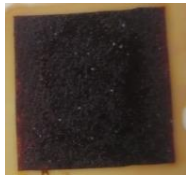
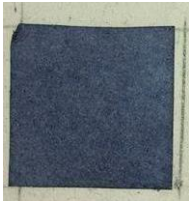
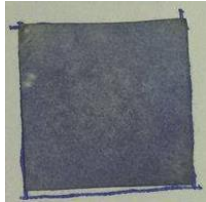
(十)香菇

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			62.973


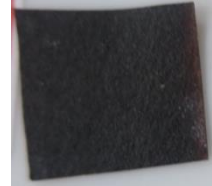

(十一)市場黃麵

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			107.735


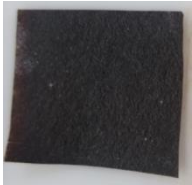

(十二)市場白麵

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			1.248
改良後試紙	5g/50ml			21.355


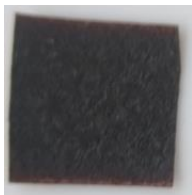

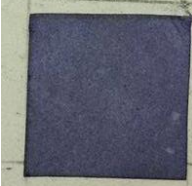
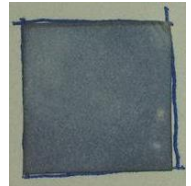
(十三)蝦米

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			140.75




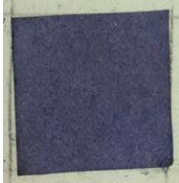
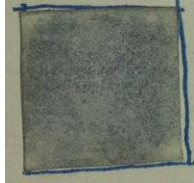
(十四)金針菇

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後 差值
初期開發的試紙	5g/50ml			28.553

(十五)粉絲

	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前 後差值
初期開發的試紙	5g/50ml			1.048
改良後試紙	5g/50ml			12.599

(十六)貢丸

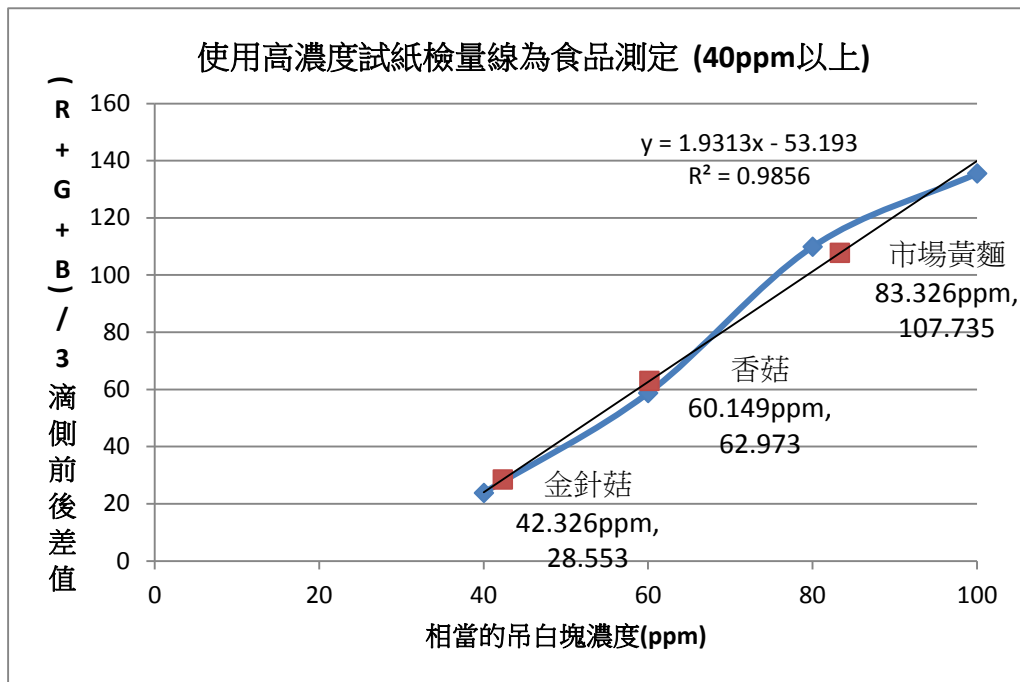
	食物量	滴測前	滴測後	RGB/3 滴測前後差值
初期開發的試紙	20g/50ml			16.359
改良後試紙	20g/50ml			42.94

陸、討論

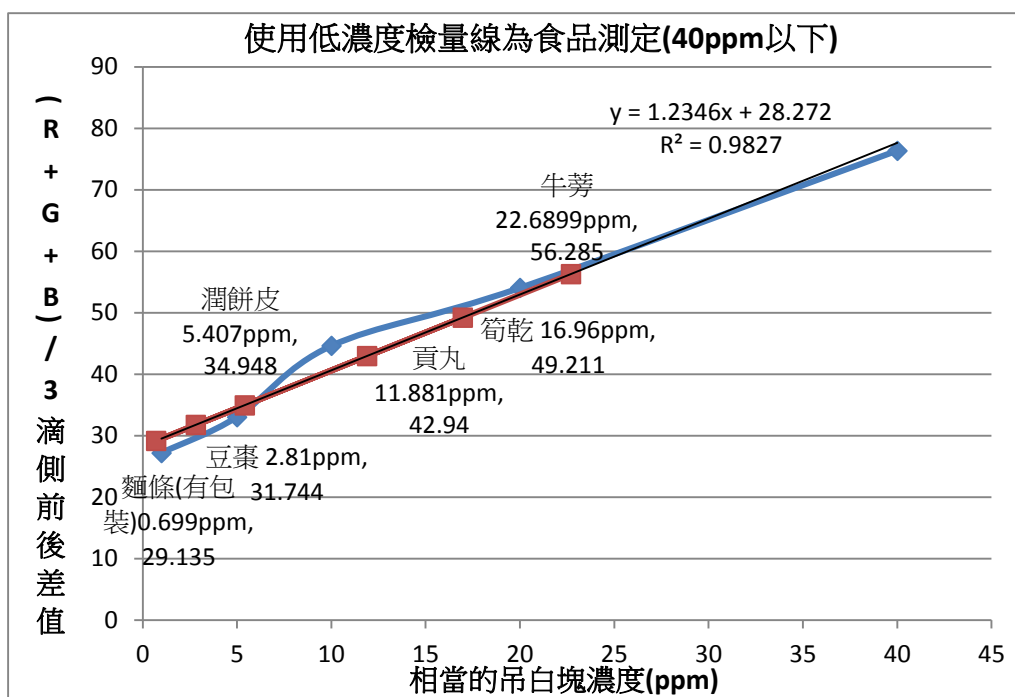
- 一、在溶劑及濃度影響(水+碘)的實驗裡，發現了由於溶於水中的碘太少，所以藍色非常的淺，放入烘箱後，其藍色幾乎消失不見，不便於觀察，所以們可以知道，以水來當作碘的溶劑不可行，更別說找出適合的比例了。
- 二、在溶劑及濃度影響(酒精+碘)的實驗中，分析從烘箱拿出來的試紙後，我們發現酒精大部分都被蒸發掉了，連碘也昇華，除了從試管編號 1、2 出來的試紙，還殘留結塊的碘，並與試管編號 5、6 比較下，碘的量對於成品的影響較為重要，但以酒精作為溶劑的碘液，成果也無法被接受。
- 三、在溶劑及濃度影響(碘化鉀溶液+碘)實驗中我們可以得知，以碘化鉀、碘、澱粉混合溶液效果最佳，不僅提高了試劑的穩定度，而且還可以藉由大量添加碘化鉀這個可溶鹽，使溶液中產生了許多的 I^- ，再藉由勒沙特列原理，同樣也提升了 I_3^- 在溶液中的量，並在加入澱粉液後，使碘錯離子大量變為 I_2 與 I^- ，讓澱粉大量與碘分子反應形成錯化物，使製成的試紙擁有較高的澱粉碘分子錯化物。從實驗結果中我們又可以從試紙顏色深淺比較出(上下表格成品試紙的顏色)，澱粉+碘變藍這個反應，碘的量影響程度較澱粉的量影響程度大，其中又以此濃度的(碘化鉀液：澱粉液)為 1：1 時效果最好，所以我們利用此比例的碘化鉀+澱粉的混合溶液來當我們的最終試液。
- 四、一開始我們想了許多材料來作為我們的試紙，後來選定使用濾紙、鋁箔紙、不織布來做實驗，從試紙材料實驗圖片可以知道，濾紙反應非常明顯，相較於鋁箔紙，在試紙完成後便有小部分脫落，導致試紙並不是非常美觀，所以淘汰掉鋁箔紙這個選擇，而不織布雖然在送入烘箱前可以吸附最多的試液，但是纖維縫隙過大，導致試

紙完成後，無法完全地與還原劑反應，導致在試紙上還有一些藍色顆粒，所以最終，我們決定用濾紙來做為最後的試紙來做使用。

- 五、在**試紙檢測物推廣**的實驗中，觀察到我們研發的檢測試紙檢測吊白塊有非常好的效果，其原理應是同時具有甲醛以及亞硫酸根之故，在藥品裡展現出較好的還原能力，至於亞硫酸根和焦亞硫酸根，其還原能力也使我們的試紙有些許顏色的反應，但是在甲醛和雙氧水的試紙上，反應卻非常緩慢和不明顯，推測其應該是會在某些特別的情況下展現其還原性，但從上面看來，我們的試紙的確可以推廣到吊白塊以外的防腐劑。
- 六、在實驗初期，我們是將濾紙泡入碘化鉀溶液中來製作，但因為附著的量太少也無法判定到底留了多少的氧化劑在紙上，這樣大大的降低了試紙的再現性以及使用時的精準性，而且泡完溶液的試紙，常常會在完成後的隔天，因為水的慢慢蒸發，使得澱粉包裹住碘的塊狀物漸漸崩塌，無法再包裹住碘分子，使得顏色消失，造成了所有的試紙全部變成白色。後來在我們的改良下，我們使用定量的碘化鉀溶液滴在試紙上，並且使用烘箱快速烘乾，讓澱粉液快速脫水，讓澱粉包裹住碘的塊狀物快速定型，解決了在一開始所遇到的問題。
- 七、在**吊白塊濃度檢測效果**實驗中，我們想看看是否能夠讓濃度由高到低都可以做出效果，從結果中我們可以清楚的觀察到，從 100ppm 到 40ppm，我們的試紙能看出明顯的顏色變化，且可以依不同濃度的變色程度，做出高濃度的吊白塊檢量線，至於在低濃度方面(40ppm 以下)，我們的試紙變色並不是非常明顯，所以們便想改良試紙，在低濃度時也能有明顯的顏色變化。
- 八、在**低濃度吊白塊與樣品的檢測試紙改良**的過程中，我們嘗試了**稀釋試液**、**原試紙與鹼反應**和**碘蒸氣試紙製法**這三種方法。
 - (一)稀釋試液：因為在製作試紙時造成的**碘粒分配不均**，所以不被我們採用。
 - (二)原試紙與鹼反應上：在密閉容器實驗中，因為反應 $I_2 + OH^- \rightarrow I^- + IO_3^- + H_2O$ 反應過慢且不明顯，直接注射也無法**均勻削薄**試紙上的碘粒，因此均不被我們採用。
 - (三)以澱粉試紙與碘蒸氣結合的試紙製作方法：利用控制碘蒸氣撞擊澱粉試紙的時間，我們成功的做出了能夠在低濃度的吊白塊溶液看出明顯顏色變化的試紙，並用不同濃度試紙的顏色變化程度，做出低濃度吊白塊溶液的檢量線。
- 九、**觀察將試紙應用在市面上的食品的呈色變化**



- (一) 根據高濃度吊白塊檢測試紙，我們可以了解，當 $(R+G+B)/3$ 的數值超過了136時，代表著此食品溶液的還原能力，已經大於了100ppm的吊白塊溶液，例：金針花(10g/50ml)、蝦米(5g/50ml)。再根據食品溶液的重量百分組成，可以得知食品所含有還原劑的還原能力，與多少吊白塊的還原能力相當，例：蝦米5g和金針花10g含有相當於超過5mg吊白塊還原能力的還原劑。
- (二) 接下來，根據圖上的點，市場黃麵(5g/50ml)的還原能力約等於83.326ppm的吊白塊溶液、香菇(5g/50ml)的還原能力約等於60.149ppm的吊白塊溶液、金針菇(5g/50ml)的還原能力約等於42.326ppm的吊白塊溶液，根據食品溶液的重量百分組成，我們可以瞭解：5g的市場黃麵約含有和4.15mg吊白塊還原能力相當的還原劑、香菇5g約含有3mg、金針菇5g約含有2.1mg。



1. 根據低濃度吊白塊檢測試紙，筍乾(5g/50ml)的還原能力約等於 16.96ppm 的吊白塊溶液、貢丸(20g/50ml)的還原能力約等於 11.881ppm 的吊白塊溶液、潤餅皮(5g/50ml)的還原能力約等於 5.407ppm 的吊白塊溶液，豆棗(5g/50ml)的還原能力約等於 2.81ppm 的吊白塊溶液，麵條(有包裝)(5g/50ml)的還原能力約等於 0.699ppm 的吊白塊溶液。再根據食品溶液的百分組成，我們可以了解：5g 的筍乾約含有和 0.8mg 吊白塊還原能力相當的還原劑、貢丸 20g 約有 0.5mg、潤餅皮 5g 約有 0.25mg、豆棗 5g 約有 0.1mg、包裝麵 5g 約含有不到 0.1mg。
2. 圖上不無法定出點的麵線(5g/50ml)、冬粉(5g/50ml)、米粉(5g/50ml)、市場白麵(5g/50ml)、粉絲(5g/50ml)，以上溶液的還原能力皆小於 1ppm 的吊白塊溶液，從其可以得知，添加的還原劑量非常的少。

柒、結論與未來展望

一、結論

一開始，利用與 KI 試紙反應相反的方式，我們成功的利用澱粉與碘分子錯化物的藍色來檢測吊白塊，在試紙的製作過程中，我們在比較不同溶劑的碘液和不同試紙材料的製作結果後，最終找出了成品呈色最好的製作方式，並且利用定量溶液解決精準度的問題，再用快速烘乾解決碘昇華造成的顏色消失，後來在烘完後靜置一段時間使試紙更加穩定，做出了我們的成品。

在推廣方面，我們也發現到試紙在吊白塊、亞硫酸根、焦亞硫酸根上有不錯的反應，但是甲醛和雙氧水方面卻顯得不明顯，初步判斷是其還原劑的性質需要在特定物質間或者環境下較為明顯，但我們卻肯定，吊白塊溶於水後產生的亞硫酸根，與我們試紙有極靈敏的反應；並且在亞硫酸根 50ppm、焦亞硫酸根 50ppm 時也有不錯的反應，可以

證明我們的試紙可以應用在吊白塊以及一些其他利用相同原理的還原劑或漂白劑上，並達到初步的檢測效果。

接著，我們成功的作出吊白塊的濃度檢量線，但是在原試紙上，我們發現檢量線在低濃度(40ppm 以下)時檢測有困難，於是我們便希望能改良我們的試紙，做出專門用於檢測低濃度吊白塊的試紙，在削薄和減少原試紙上錯化物量的方向上，我們曾經遇到困難，且碘錯離子酒精溶液所做出的試紙又因容易揮發而不夠穩定，將來不能推廣，終於在最後，我們將想法轉到了更改錯化物的製作方法，利用碘昇華後的碘蒸氣撞擊澱粉試紙後產生錯化物，如此一來，便能以控制碘蒸氣撞擊時間來控制錯化物的量，使我們成功的做出在低濃度吊白塊溶液中也有靈敏反應的試紙，並且在原試紙檢測的濃度極限(40ppm 以下)，我們做出了更精準的低濃度吊白塊檢量線。

最後，我們做出了兩種試紙以及兩種檢量線，一種低濃度一種高濃度，分別搭配著使用，改良過後的試紙製成方法，還能利用控制撞擊時間，做出試紙的漸層，然後找出深淺色不同試紙可以變白的最低濃度，例：撞擊 5 秒的試紙，最低 20ppm 可以讓試紙變白；撞擊 15 秒的試紙，最低 40ppm 可以變白，事先找出相對應的濃度後，可以在檢測食品時，使用一系列深淺不同的試紙，找到變白與沒有變白在哪兩張中間，再由其試紙所對應的濃度，了解此食品溶液的濃度區間，這樣一來，便可以不用藉由電腦分析下，更精確的了解食品還原劑的添加量。

二、未來展望

在未來，我們希望持續改良我們的試紙，能使用較專業的氣相蒸鍍的方式，使試紙的精確度能夠更佳的提升，使民眾能夠廣泛利用我們的試紙，在試紙上滴兩滴需要檢測的試液，便能快速了解食物中有無添加特定的防腐劑，而除了在消費者的方面，我們的試紙也能應用在食品稽查的方面，使衛生局人員能夠馬上就檢驗出食物中有無非法的食品添加物，為食品安全提供一個方便的檢測方法，奉獻一份心力。

捌、參考資料及其他

一、認識吊白塊 - 健康主題網, 彰化縣衛生局

http://www.chshb.gov.tw/info/?mode=news&parent_id=139&news_id=10147&show_list=news

二、中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/senior/040215.pdf>

三、潤餅皮摻工業用致癌「吊白塊」！ 業界公開的秘密 ETtoday 新聞雲

<http://www.ettoday.net/news/20150317/479903.htm>

四、物質科學_化學篇(下) 第八章氧化還原反應

http://www.mingdao.edu.tw/physics/pdf/matter_08.pdf

五、十善有限公司- 食品添加物-漂白、保鮮劑 - 十善有限公司- 首頁

<http://www.drfresh.com.tw/Knowledge5.html>

六、用 Image J 分析顏色。

<http://a-chien.blogspot.tw/2009/05/image.j.html>

【評語】 050214

該作品能夠從生活面取材，結合化學原理（氧化還原），表現出活用化學的精神。實驗中所使用之試劑、器材容易取得，無須依賴高階儀器亦能表現出創意與特色，值得讚賞；尤其能與食安問題結合更能展現在應用層面上的特色，惟碘還原變色與吊白塊的針對性較不足，可再思索調整作品名稱，使之有較廣的包涵性。碘蒸氣試紙製法極具有創意，同時也表現出極佳的檢測效果，值得嘉許。