

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

第三名

030206

真相只有一個-不同環境指紋檢測方法比較與寧
海德林法最佳化探討

學校名稱：雲林縣立斗六國民中學

作者： 國二 張喬馥 國二 陳奕安 國二 賴良榛	指導老師： 丁崇祺 何玉月
---	-----------------------------

關鍵詞：指紋、寧海德林、胺基酸

摘要：

在警局學習指紋鑑定中了解，要從線索裡找出犯罪的指紋是艱辛的，所以本次實驗就五種檢測法配合染色，了解不同材質的狀況，加上警局最常用的寧海德林試劑做最佳化研究，實驗發現如下：

不同材料適合的方法

- 1、 吸水性材料指紋顯像最適方法為寧海德林法。
- 2、 非吸水性材料指紋顯像以龍膽紫法、粉末法及氰丙烯酸酯法最適合。

寧海德林試劑最佳化

- 1、 指紋浸泡寧海德林試劑約兩分鐘效果最理想。
- 2、 指紋樣本以 60°C 烘 30 分鐘，顯像最佳。
- 3、 酸會破壞指紋，鹼會溶化一部分指紋，在 pH=6 時寧海德林顯像最佳。
- 4、 配置原始寧海德林試劑需六次萃取，可以發現在四次以內效果仍佳。
- 5、 發現濃度在原始寧海德林試劑的 60% 仍有不錯表現，可以依此做改良。

壹、研究動機

發生了一樁神秘的殺人事件，警方在現場所找到遺留的線索實在太少，所以無法確定所有可能的嫌疑犯。但沒過多久，警方在現場遺留的一張沾滿血跡的鈔票中發現了一枚指紋，警方士氣大振，認為這很有可能是嫌疑犯的指紋。在查遍了指紋資料庫之後，指紋卻不在其中，所以沒辦法得知嫌犯到底是誰，但因線索獨獨只有~指紋，僅能等待新的線索出現。可是時間十年、二十年過去了，還是沒有新的線索。目前為止，這或許只是偵探小說中遺憾的結局，但現實生活中這確實是一個真實存在的問題。指紋分析方便又值得信賴，但傳統指紋分析也有一個重要的缺陷：指紋圖像必須要與嫌疑犯或者資料庫中已有的指紋進行比對，而如果沒有找到嫌犯，在資料庫中也找不到與之匹配的數據，那麼人們就很難從一枚孤零零的指紋中找到線索了，於是，心存疑問的我們，決定對指紋鑑識展開研究的旅程。

貳、研究目的

指紋檢測方法探討





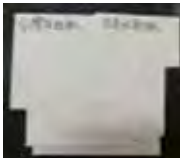



- 一、探討不同指紋檢測法在吸水性材料下的顯影時間與效果。
- 二、探討不同指紋檢測法在非吸水性材料下的顯影時間與效果。

寧海德林試劑最佳化：

- 三、探討放置時間對寧海德林試劑所顯現指紋的效果。
- 四、探討烘箱溫度對寧海德林試劑所顯現指紋的效果。
- 五、了解在酸鹼度干擾條件下對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態。
- 六、探討寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的指紋顯影效果。
- 七、探討寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果。

參、研究器材

器材：

加熱板 	磁石 	500ml 燒杯 	電子秤 
美術用紙 	量筒、滴管與玻棒 	PH meter 	烤箱 

材料：

碳粉 	寧海德林粉末 	甲醇 	石油醚 	氫氧化鈉 
三秒膠 	龍膽紫 	滑石粉 	非吸水材料 	鹽酸 

肆、研究過程或方法

研究架構圖：

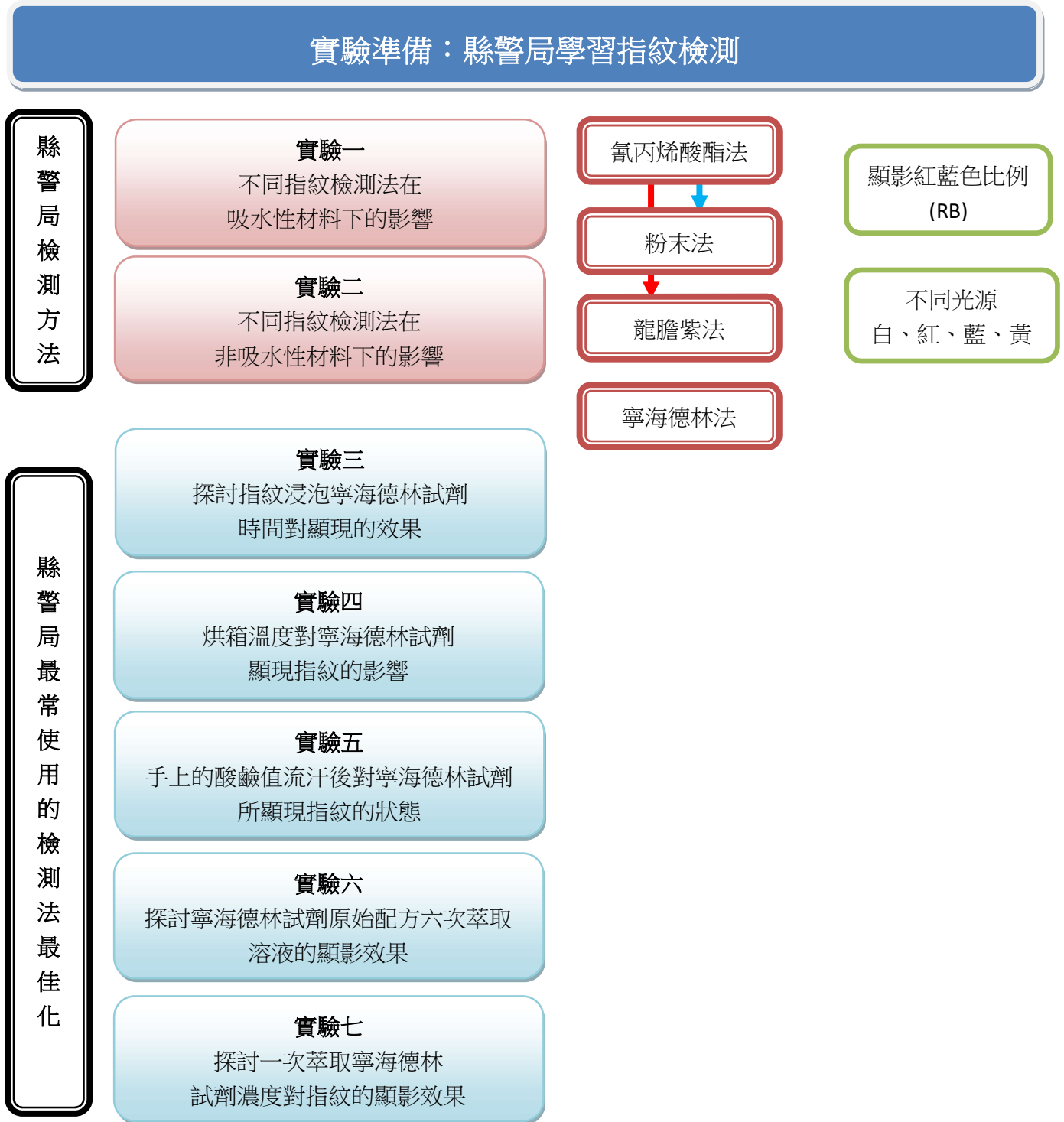


圖1 研究架構圖

實驗原理：

對於縣警局常用的方法有以下四種，最主要常用的方法是粉末法與寧海德林法。

粉末法：因指紋的殘留物中，水分佔的比例約含98.5%，以及其他少量的有機物。那麼汗液中的水可吸附粉末，粉末法就是利用這種原理。對於遺留時間稍久之指紋或因接觸額頭、鼻尖等處油脂稍多之潛伏指紋，因為水分已逐漸蒸發，但仍有汗液中不易蒸發、黏稠性高之有機物附著，所以依然會顯現。

龍膽紫法：又名甲基紫 (Crystal violet或Gentian violet)，為綠青銅色結晶體或暗綠色結晶粉末。應用於鑑識上，原理是利用龍膽紫與指紋上的油質互溶，則是當成一染料，可將膠帶黏膠面上的潛伏指紋染色後增顯對比顏色以利觀察。另外，利用龍膽紫本身具有綠青銅色金屬光澤的特性，讓黑色膠帶黏膠面之潛伏紋呈現銅黃色，以打光方式直接觀察潛伏指紋紋型。

寧海德林法：寧海德林主要與胺基酸產生反應。各實驗室的配製方法多有不同，以下為寧海德林顯像的反應機制。

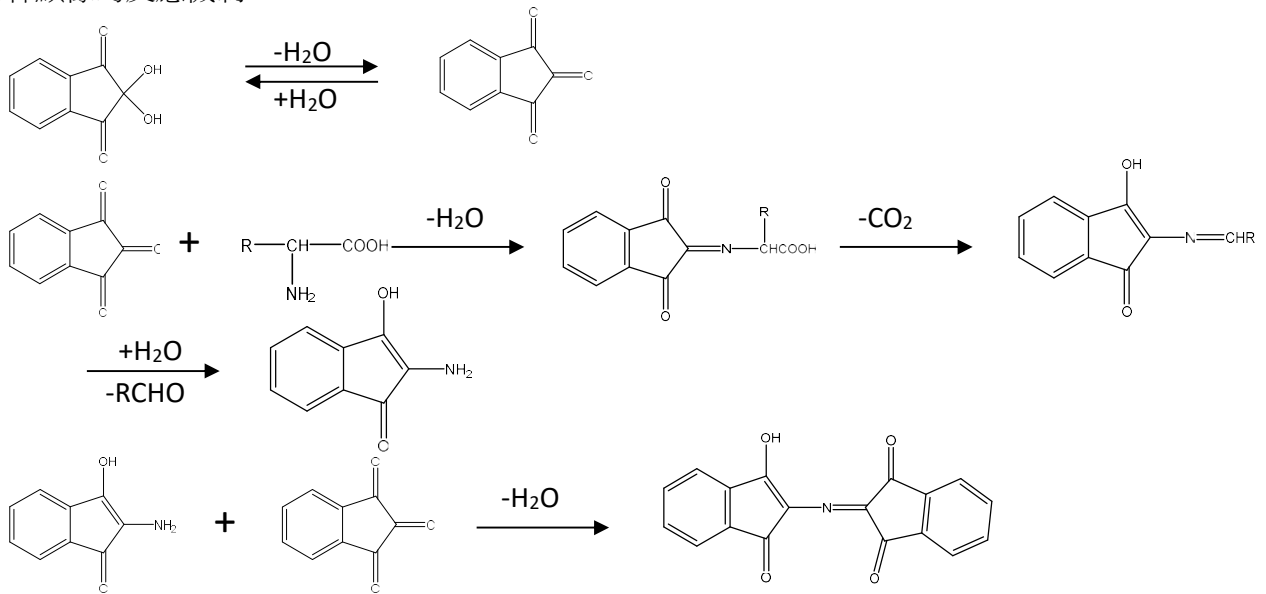


圖 2 寧海德林反應方程式(資料來源：縣警局鑑識科學手冊)

氰丙烯酸酯法：通常用作五金、塑膠、皮革黏合用的透明狀液體，亦稱為瞬間接著劑或三秒膠。其使指紋顯現的原理在於指紋中水分及其他含陰離子的物質做為催化劑，促使氰丙烯酸酯產生聚合反應，因此將潛伏指紋增顯。指紋經氰丙烯酸酯煙燻顯現後之白色紋線，可再以粉末刷掃或是以螢光染劑染色，增加與背景的反差或去除背景的干擾。

實驗準備：

一開始我們對於指紋鑑定是完全的陌生，於是老師連絡了縣警局，讓我們連續三週的禮拜三，在縣警局的實驗室每週上半天的課程，讓我們能對警局的指紋鑑定快速上手。

時間：第一次(10/19)



本次的教學是除了介紹實驗室的配備外，也同時介紹警局最常用的試劑-寧海德林試劑，以及如何配置寧海德林試劑和在紙上指紋檢測的情況。

時間：第二次(10/26)



本次教學，教了我們如何用氰丙烯酸酯(三秒膠)檢測指紋，可以利用氰丙烯酸酯加上衛生紙於密閉空間使用，想加速反應就在 80°C 的環境下，使用烤箱加熱比較快，以及利用深色與淺色的粉末法檢測。

時間：第三次(11/2)



本次教學，主要是先配置縣警局所掌握的寧海德林試劑原始配法，後來我們改良配方，也遇到一些問題，會在之後交代，並在這裡配置實驗三到七所需的寧海德林試劑。

實驗步驟：

實驗一：不同指紋檢測法在吸水性材料下的影響

- 1、每次製造指紋時，先將同一位同學在手上戴塑膠手套，並等待五分鐘。
- 2、分別在吸水度2.12、2.52、2.91、3.11、3.75的紙張上，同時印上同一人的指紋(用力按上十秒鐘)。
- 3、利用粉末法檢測指紋顯現的時間及效果並記錄。
- 4、同一樣本再利用龍膽紫法檢測，將龍膽紫試劑以滴管淋上指紋樣本上，觀察染色的情形並記錄。
- 5、利用氰丙烯酸酯法與寧海德林法，重複步驟1~4，檢測指紋顯現的時間及效果。

我們最後改良實驗設計，並另外以不同磅數的雷射紙代表不同吸水度，會在研究結果中交代。

實驗二：不同指紋檢測法在非吸水性材料下的影響

- 1、每次製造指紋時，先將同一位同學在手上戴塑膠手套，並等待五分鐘。
- 2、分別在銅片、塑膠片、鋅片、鋁片、玻璃上，同時印上同一人的指紋(用力按上十秒鐘)。
- 3、重複實驗一步驟3~5。

實驗三：探討指紋浸泡寧海德林試劑時間對顯現的效果

- 1、每次製造指紋時，先將同一位同學在手上戴塑膠手套，並等待五分鐘。

- 2、分別將右手五個指紋，同時在紙上印上指紋(用力按上十秒鐘)。
- 3、分別將五個指紋樣本浸泡縣警局寧海德林試劑兩分鐘、五分鐘、十分鐘、半小時、一小時。
- 4、將浸泡後的指紋樣本放入烘箱80°C半小時(警局的資料)，再檢測指紋顯現的時間及效果。
- 5、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

實驗四：探討烘箱溫度與時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

實驗 4-1 烘箱溫度對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

- 1、每次製造指紋時，先將同一位同學在手上戴塑膠手套，並等待五分鐘。
- 2、分別將右手五個指紋，同時在紙上印上指紋(用力按上十秒鐘)並將五個指紋樣本浸泡縣警局寧海德林試劑2分鐘。
- 3、分別將五個指紋樣本放入烘箱50、60、70、80、100°C半小時，並檢測指紋顯現的效果。
- 4、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

實驗 4-2 烘箱烘烤時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

- 1、重複實驗4-1步驟1~2。
- 2、同時將五個指紋樣本放入烘箱60°C，依據時間10分、20分、30分、40分、一個小時分別拿出，並檢測指紋顯現的效果。
- 3、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

實驗五：手上的酸鹼值流汗後對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態

- 1、以鹽酸及氫氧化鈉配置pH值為5.5、6、7、7.5、8的溶液(以pH meter調整pH值)。
- 2、將同學手上淋上酸鹼液之後，隨即帶塑膠手套，並等待五分鐘。
- 3、分別將右手五個指紋，同時在紙上印上指紋(用力按上十秒鐘)並將五個指紋樣本浸泡縣警局寧海德林試劑2分鐘。
- 4、放入烘箱，並依據實驗四所確定的時間與溫度60°C半小時，並檢測指紋顯現的效果。
- 5、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

實驗六：寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的顯影效果

- 1、秤量1公克的寧海德林，加入4毫升的甲醇中，攪拌至寧海德林溶解為止。
- 2、再加入96毫升的石油醚重複攪拌至混合後，靜置等待寧海德林試劑分離澄清。

- 3、取液體上層澄清液，重覆步驟2，共萃取6次。
- 4、將6次的寧海德林試劑分別滴在印有指紋的白紙上並觀察指紋顯現的效果。
- 5、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

實驗七：探討一次萃取寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果

因為寧海德林有保存的問題，而警局原始配方為1g寧海德林添加4ml的甲醇，再加入石油醚至體積為100ml，配一罐往往用不了多少就揮發掉不少試劑，如果能少量配置，再將濃度適當調整，想了解是否仍然是有效的顯影，於是實驗設計將所有比例除以四，以0.25g的寧海德林加入甲醇1ml，石油醚為24ml，結果在寧海德林加入甲醇時，發現黃色沉澱物(如右圖3)，加入石油醚後，沉澱物仍未溶解(如右圖4)，與之前所配置的透明溶液明顯不同，本以為步驟有錯，於是重複實驗兩次，都發生這種狀況，確認步驟沒問題後，懷疑是寧海德林未溶解而析出，於是改成甲醇4ml後，果然解決了沉澱的問題，所以我們推測，溶解寧海德林粉末，甲醇應具有最低溶解體積的限制。

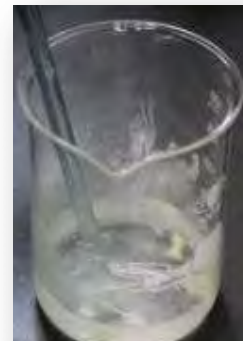


圖 3 配置時遇到的黃色沉澱











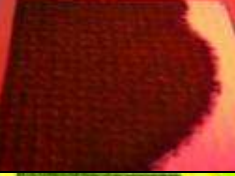











圖 4 加入石油醚
黃色沉澱情形

- 1、分別取寧海德林0.15、0.2、0.25、0.3、0.35公克，加入甲醇4毫升溶解，再添加石油醚24毫升以玻棒攪拌至透明無色，製作成原始濃度的60%、80%、100%、120%與140%的少量配置寧海德林試劑。
- 2、將5種不同濃度的寧海德林試劑分別滴在印有指紋的白紙上並觀察其顯現狀況。
- 3、再用程式觀察指紋的RGB，進而判斷顯影效果。

伍、研究結果與討論

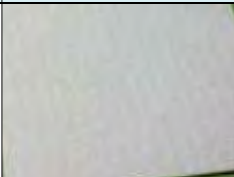
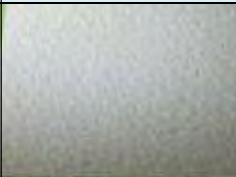

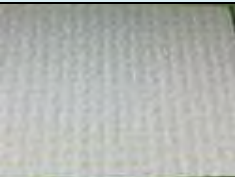
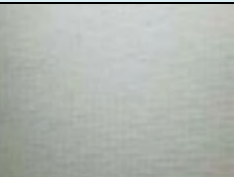

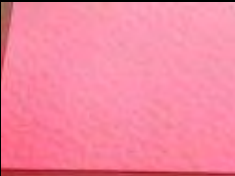


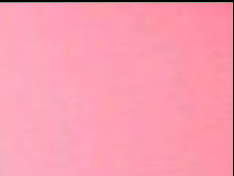
實驗一：不同指紋檢測法在吸水性材料下的影響


























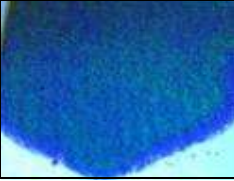


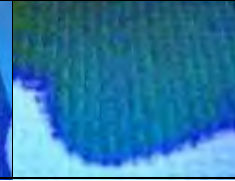

龍膽紫直接染色法

吸水度		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

一開始我們看到實驗結果的時候，原本認為是實驗失敗，探討可能的原因是因為指紋印在吸水性材料上，指紋上殘留的汗水相當容易讓紙張吸收，而紙張本就有紋路，指紋上的油脂無法均勻分布在有顆粒的紙張上，當試劑淋上樣本時，染液會隨紙張的紋路被吸進紙張中，最後呈現出的便只有紙張的紋路，而原本就不多的有機物可能被混合進試劑中，失去原本排列好的指紋圖樣，才會顯現出此次失敗的實驗結果。

氰丙烯酸酯法

吸水度		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果	白光					
	紅光					

吸水量		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

本實驗使用不同吸水性的美術紙當吸水性材料，而根據參考資料，氰丙烯酸酯是與水分反應來顯現，而吸水性材料會將指紋中的汗水吸收，而造成氰丙烯酸酯無法與水反應，便無法顯現指紋的輪廓，另外，本實驗的紙張，是由冷壓及熱壓法所形成的紙張，而造成紙張上有很多凹凸不平的地方，造成指紋很難顯現，除了氰丙烯酸酯法對於吸水性材料來說較不適合，後續會使用寧海德林法試試看材質上的凹凸不平是否也會影響指紋的顯現。

粉末法(白與黑)

吸水度		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果 · 白粉	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

吸水度		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果·黑粉	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

在還未染色的樣品上，我們認為是由於白紙再加上白粉才不易顯示出指紋，但在照光後，又發現有部分的白粉其實無法附著於美術紙上，因為美術紙是不光滑的表面，具有許多孔隙，除了指紋無法很平整的按捺以外，紙吸水之後，粉末分別在孔隙內外側，導致無法很清楚的顯現出指紋的樣子。黑粉情形與白粉相同。當然這樣的情形下，龍膽紫也很難染色上去。

寧海德林法

吸水度		2.12(g/cm ³)	2.52(g/cm ³)	2.91(g/cm ³)	3.11(g/cm ³)	3.75(g/cm ³)
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

依據之前在縣警局學習到的知識，寧海德林試劑是與汗水中的有機物反應，而紙張將多餘的水分吸收後，有機物與寧海德林的反應變得更加順利，再加上寧海德林試劑是直接滴在紙張上、快速揮發，放入烘箱後就會順利地與有機物反應並呈現出狀態良好的輪廓；就實驗結果而言，吸水度 2.12 以及 3.11 的指紋是較其他吸水度的指紋清晰，雖然顏色呈現上並非最



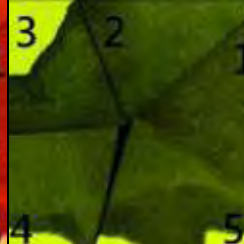
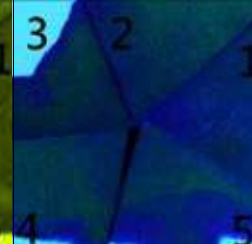
深，但在紋路的顯現上是最為清楚的兩者；未染色的樣品在燈光照射下，於藍光之下呈現的更為清楚，我們推測可能是因為與指紋的顏色是對比色的關係，所以藍光才會表現出最清楚的輪廓；在染色部分，也是因為紙張不規則的表面使得指紋附著度下降，而讓龍膽紫試劑淋上時，容易將指紋洗掉，所以並沒有呈現出指紋。

為了使結果更加精準，我們最後改良實驗設計，並另外以不同磅數的雷射紙代表不同吸水性。根據磅數不同將其分成編號 1~5 號紙。

紙張種類的 P 是指面積 25x 38 英吋共 500 張的總重量(磅)。而磅數越大對單一紙張會比較厚。所以我們以厚度越厚當成吸水性越高來比較。所以選擇了五種不同磅數的紙來判斷吸水性對指紋顯現效果的影響。

編號	1	2	3	4	5
紙磅數	70P	80P	100P	140P	180P

龍膽紫直接染色法

光的顏色	白光	紅光	黃光	藍光
指紋的效果				

龍膽紫法在原吸水度的實驗結果中，並不適用吸水性材料，但在改良實驗方法後，龍膽紫法在白光和黃光之下隱約能夠判斷出指紋的位置，但只有編號 4 的區塊可以發現指紋的紋路，所以整體而言，龍膽紫法在吸水性材料上的效果仍然有限，不適合使用在此。

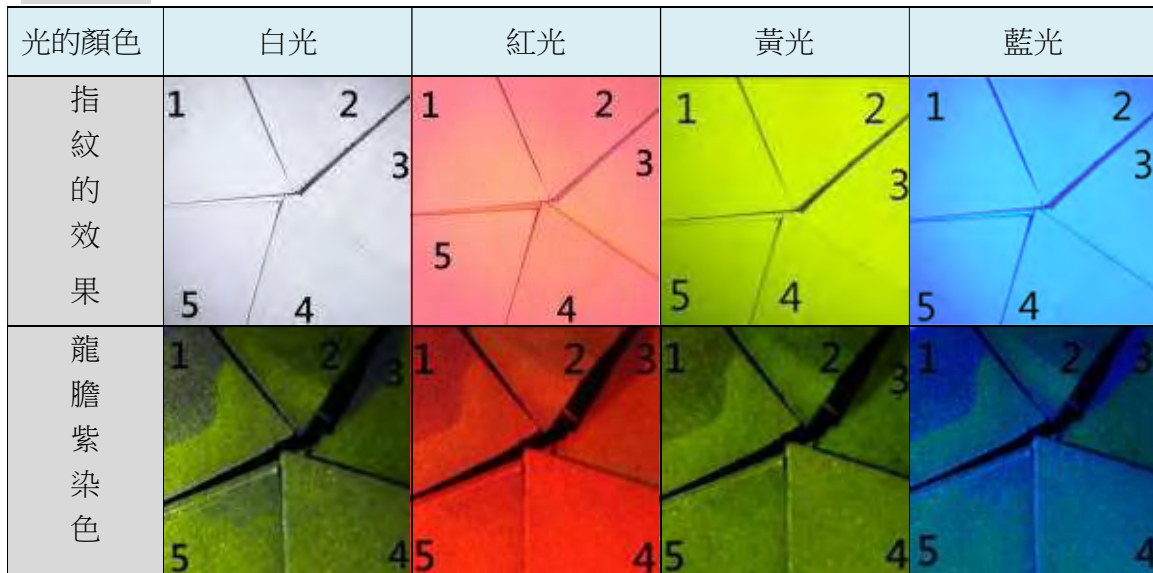
氰丙烯酸酯法

光的顏色	白光	紅光	黃光	藍光
指紋的效果				



第二次實驗結果與第一次相同，所以我們認為氰丙烯酸酯法是真的不適用於吸水性材料上，而原因和第一次相同，是由於氰丙烯酸酯必須與水反應，但吸水性材料會吸水，導致氰丙烯酸酯無法與水反應造成指紋不顯現。

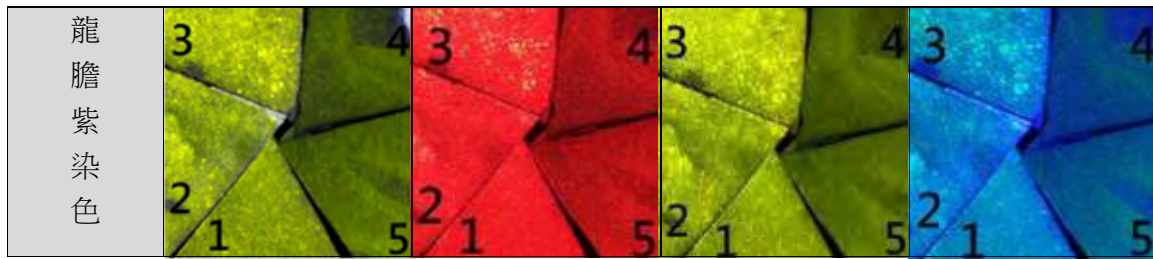
粉末法-白



利用滑石粉檢測的結果與第一次相同，所以我們認為滑石粉不適用於吸水性材料上，除了白色粉末在白紙上難顯現，吸水性材料將指紋的水分吸收也是一個主因，會讓粉末無法完整附著於指紋上，才沒有任何顯現。

粉末法-黑

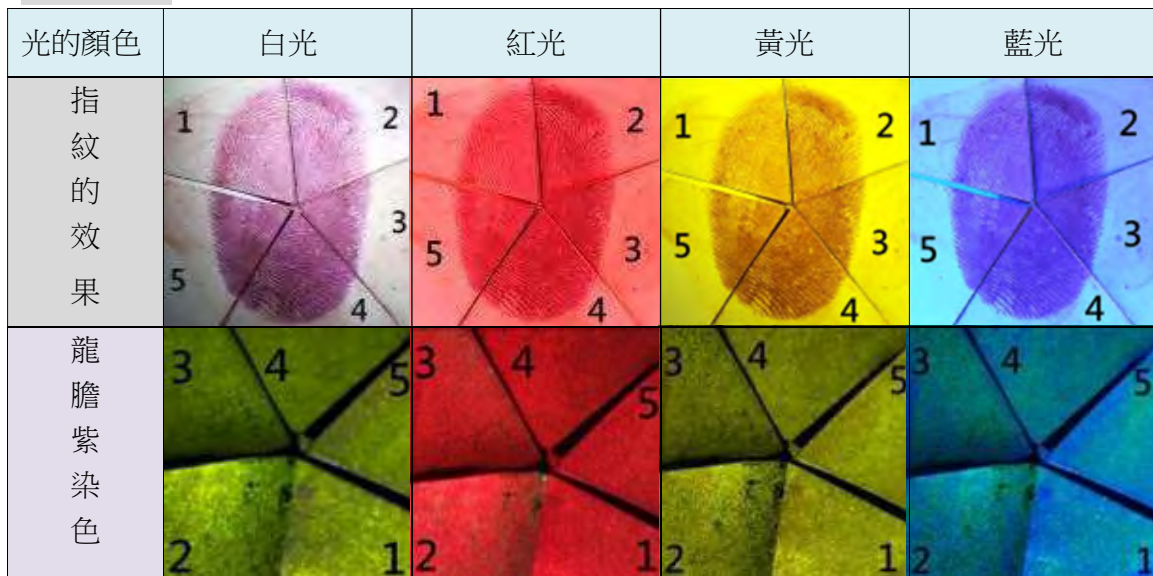




改良過後的粉末法-碳粉的結果與原先的實驗結果不同，能夠顯現指紋的輪廓，雖然無法清楚觀察到紋路，但比起龍膽紫法的模糊，是更加清晰的，我們推測造成兩次實驗結果不同的原因，可能是因為第一次實驗進行中粉末沾取過多，為了指紋的清晰度我們想將多餘的粉末刷除，讓已經附著在指紋上的粉末被刷下，再加上指紋上的水粉已經被紙吸收，更加難將粉末保留在紙上，才會無法顯現指紋；而第二次實驗我們是以少量的粉末輕刷，所以指紋可以顯現出來，而不會有被刷掉的疑慮，至於紋路不明顯的部分，有可能是因為水分被紙吸收的關係，讓內部的紋路不明顯，最後顯示出這樣的結果。

龍膽紫染色的部分，與第一次實驗相同，並沒有顯現，我們推測是與第一次實驗一樣，粉末是會被龍膽紫試劑沖刷掉的，因此不會顯現。

寧海德林法








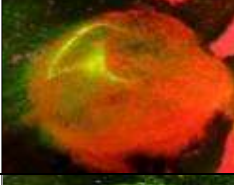




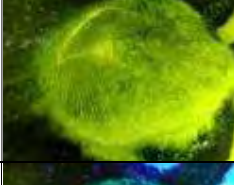




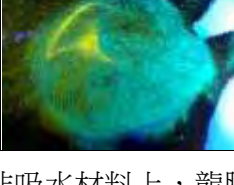

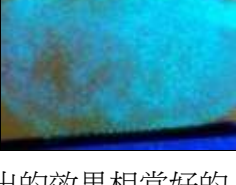
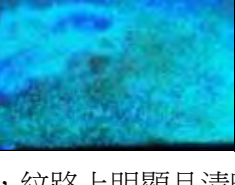

由於寧海德林是與有機物反應，當汗水被紙張吸收後，有機物就更容易和寧海德林反應，再加上寧海德林試劑被紙張吸收後，可以與在紙張細微縫隙間有機物有效反應，所以顯現出來的指紋會相當明顯且好觀察，而這次實驗紋路和顏色最明顯的是編號4，磅數在編號4上下的編號3、5，也有一定的效果，只是比起編號4的清晰紋路較模糊，而編號1、2雖然顯

現出來的指紋紋路很清晰，但在靠近指紋中心處紋路不完整；綜合以上，我們認為吸水度過低會使寧海德林法顯現指紋時紋路不完整，但過高又會使有機物反應過於明顯，而不是只有指紋紋路上才顯現，所以編號 4 的吸水度應是對於寧海德林法而言最適合的。在不同光源顯色部分可以發現寧海德林在紅光與藍光表現不佳，表示寧海德林主要是以藍與紅顯現為主。

而龍膽紫染色後的指紋，仍與第一次實驗一樣，沒有任何顯現，而此次的因素我們推測是因為寧海德林法已經與有機物反應，龍膽紫溶液再染色上去時已經沒有完整的有機物令其有效染色，所以沒有顯現。










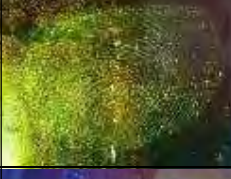




















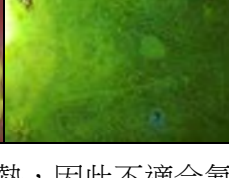
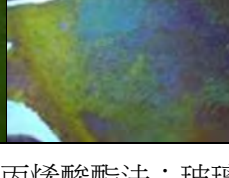

實驗二：不同指紋檢測法在非吸水性材料下的影響

龍膽紫法

材質		塑膠袋	玻璃	銅片	鋅片	鋁片
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					






































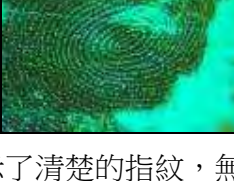
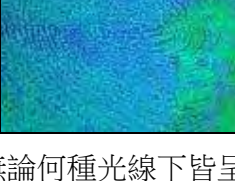

在非吸水材料上，龍膽紫直接染色表現出的效果相當好的，紋路上明顯且清晰，而指紋印上非吸水材料的時候，汗水並不同實驗一有機物保存的較完整，雖然可能有少許的有機物被混入試劑中，但大致上呈現出的指紋是完整且良好的；而照光方面，玻璃與塑膠袋是白光及黃光最佳，鋅片、鋁片及銅片則是白光為佳，分析以上結果，皆以亮光為好，而這與龍膽紫本身的綠色有關，綠色在亮色光照射下會顯得更明顯。

氰丙烯酸酯法

材質		塑膠袋	玻璃	銅片	鋅片	鋁片
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

當我們開始實驗後，發現塑膠袋不能加熱，因此不適合氰丙烯酸酯法；玻璃上的指紋顯現良好，紋路十分清晰，以白光和黃光照射最清楚，但染色之後較不明顯，在黃光之下才能看的較清楚；而銅片、鋅片及鋁片都並不明顯，染色之後雖然輪廓較明顯，但紋路的排列已經模糊，由此可見，金屬片除非有其他物質做輔助或直接以龍膽紫法檢測，否則不適合染色。

粉末法(白)

材質		塑膠袋	玻璃	銅片	鋅片	鋁片
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

在塑膠袋、玻璃、銅片和鋁片上都顯示了清楚的指紋，無論何種光線下皆呈現良好的狀態，但鋅片的指紋就無法太明顯，也許是指紋汗水不夠導致粉無法全都沾黏在紋路處；染色之後指紋最清楚的是塑膠袋及金屬片，玻璃沒有非常顯著，我們原本認為在金屬上可能因為光滑而不易將指紋完好的保留，但因為有粉末的幫助，所以染色後不會讓指紋模糊，反而讓








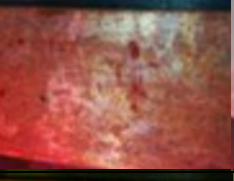












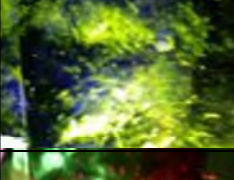
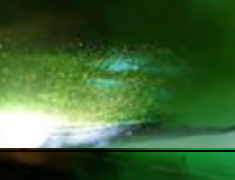







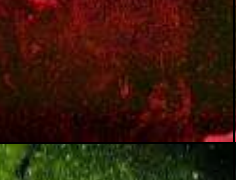
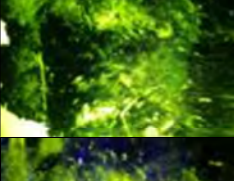
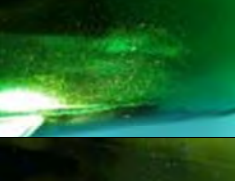




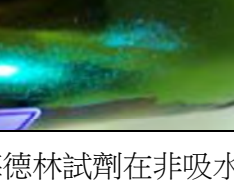
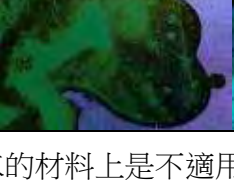


多餘的粉附著具黏性的龍膽紫試劑而讓指紋明顯，紋路為此明顯，至於玻璃的部分，試劑淋上後，可能因光滑的表面，造成粉末被龍膽紫洗掉，而無法顯現出指紋。

粉末法(黑)

材質		塑膠袋	玻璃	銅片	鋅片	鋁片
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					






使用黑色碳粉可以發現染色後除了銅片外，效果都變佳，龍膽紫再加強碳粉的附著性相當卓越。但銅片卻完全被龍膽紫試劑所覆蓋過去，指紋完全消失。

寧海德林法

材質		塑膠袋	玻璃	銅片	鋅片	鋁片
指紋的效果	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					
龍膽紫染色	白光					
	紅光					
	黃光					
	藍光					

在實驗結果發現寧海德林試劑在非吸水的材料上是不適用的，了解寧海德林試劑主要是與有機物反應，非吸水材質無法將多餘的水分吸收，反倒讓寧海德林試劑因滑動，造成沒有辦法維持原本的指紋的圖樣，因此才會無法顯示出指紋的清楚模樣。

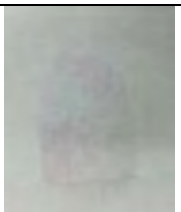
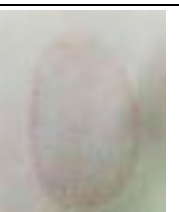

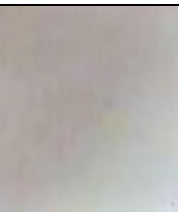

實驗三：指紋浸泡寧海德林試劑時間對顯現的效果

浸泡時間	2 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	30 分鐘	1 小時
指紋的效果					
Sample1RGB	182:154:153	181:158:160	172:167:164	167:158:163	175:168:162
Sample2RGB	177:149:153	182:157:161	169:162:152	171:163:164	173:169:162
Sample3RGB	176:148:151	178:161:169	173:169:162	169:166:166	168:165:165
Sample4RGB	179:152:152	186:163:171	162:159:154	166:161:159	170:163:162
RB 比例平均	68.69%	68.47%	66.63%	67.00%	66.78%

可以發現浸泡五分鐘內，指紋顯現效果比較好，尤以 2 分鐘效果最好，超過十分鐘後，可以發現顯像有遞減的現象，可能是當寧海德林暴露在空氣中時，石油醚萃取液會揮發導致影響寧海德林的效果。

實驗四：烘箱溫度與時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果



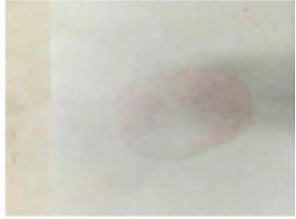
實驗 4-1 烘箱溫度對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

溫度	50°C	60°C	70°C	80°C	100°C
指紋的效果					
Sample1RGB	186:185:183	151:142:132	160:153:145	162:161:159	197:196:194
Sample2RGB	168:170:168	168:172:166	162:162:159	173:173:168	154:161:162
Sample3RGB	172:173:169	169:163:157	172:169:163	163:165:162	170:170:165
Sample4RGB	176:178:177	177:167:163	167:159:150	170:173:171	166:170:167
RB 比例平均	66.41%	66.58%	66.51%	66.33%	66.26%

實驗中發現 60 度為寧海德林試劑的最佳烘烤溫度，從肉眼來看也是在 60°C 與 70°C 的顯現上，都是比較清楚的，與文獻中最佳溫度為 50°C 有些差異；而 70°C 以上的結果可以發現，溫度越高效果越不明顯，甚至不會顯現，所以 80°C 是顯現指紋的界線，在 80°C 以上，寧海德






林法便無法顯現指紋。

實驗 4-2 烘箱烘烤時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

時間	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
指紋的效果			
Sample1RGB	199:200:195	205:206:200	156:147:140
Sample2RGB	183:192:193	196:194:187	162:157:158
Sample3RGB	202:203:197	163:164:159	167:164:162
Sample4RGB	206:209:207	178:172:162	183:170:160
RB 比例平均	66.30%	66.33%	66.87%





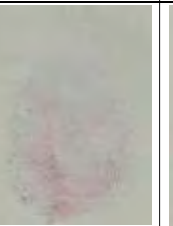

依據實驗 4-1，我們將烘箱溫度定 60°C 進行 4-2 的實驗，我們發現前 20 分鐘，指紋沒有顯現，直到 30 分鐘後才顯現出指紋，因此我們認為 30 分鐘以上是最佳的烘烤時間。

實驗五：手上的酸鹼值流汗後對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態

PH 值	5.5	6	7	7.5	8
指紋的效果					
Sample1RGB	230:221:248	157:117:168	168:134:187	177:147:171	229:192:236
Sample2RGB	221:209:241	162:121:178	164:128:182	175:144:188	176:152:178
Sample3RGB	198:186:209	167:132:181	175:138:181	182:154:192	203:179:223
Sample4RGB	217:199:227	172:123:181	158:126:164	168:149:178	192:153:197
RB 比例平均	68.73%	73.49%	72.38%	70.66%	70.73%





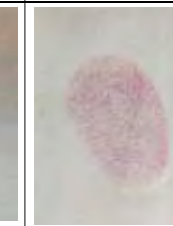
由實驗結果來看，每一個指紋的顯現都良好，但是PH值6~7的紋路較其他明顯，我們推測寧海德林試劑較適合於弱酸到中性環境，而讓試劑的顯色更明顯，同時也發現在PH8和5.5的邊緣有顯著被破壞的跡象，由此可見，只要偏酸性或鹼，都會造成指紋被破壞的情況。

實驗六：寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的顯影效果

萃取次數	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
指紋的效果						
Sample1RGB	178:164:161	175:168:160	176:158:156	182:169:172	176:169:163	180:170:165
Sample2RGB	181:166:162	170:167:166	162:149:152	165:148:156	178:174:166	172:168:166
Sample3RGB	181:166:166	165:159:153	193:181:179	177:159:154	191:176:163	183:173:166
Sample4RGB	176:165:164	183:171:170	188:169:164	165:152:151	172:167:162	163:159:162
RB 比例平均	67.44%	66.86%	67.60%	67.80%	66.65%	66.95%

六次萃取的寧海德林試劑的實驗結果顯示，第 1、2 次萃取的效果並不是很好，直到第 3、4 次萃取，指紋的效果最顯著，又以第 4 次的紋路細節最佳；而之後的第 5、6 次萃取，我們推測是因寧海德林含量降低導致效果變差，因此第 4 次應是最佳寧海德林試劑的萃取次數。

實驗七：探討一次萃取寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果

濃度	60%	80%	100%	120%	140%
指紋的效果					
Sample1RGB	180:152:151	157:138:140	141:113:110	159:131:128	187:169:171
Sample2RGB	176:150:148	162:141:142	163:140:144	142:122:119	192:177:176
Sample3RGB	182:155:154	169:153:156	139:111:109	168:138:136	175:162:163
Sample4RGB	196:163:166	172:160:162	177:154:162	188:156:162	182:163:168
RB 比例平均	68.57%	68.05%	68.87%	68.69%	67.82%

依據警局原始配方做調整的寧海德林比例實驗結果，原始濃度是五種比例中最佳的顯現比例，在顏色及指紋細節上都較其他濃度比佳，我們認為原始比例應是多年以來的經驗累積所以才被認定為目前的最佳比例，而其餘濃度比的指紋雖然不比原始濃度顯像佳，但在顏色和觀察上是沒有問題的，因此若要下降或提升比例，只要不過低或者過高，使用上是沒問題的，同時我們也希望未來有機會可以測出比例最低點以及最高點。

陸、結論

實驗一：不同指紋檢測法在吸水性材料下的影響

- 1、氰丙烯酸酯法、粉末法(白粉和黑粉)不適用於吸水性材料上。
- 2、吸水性材料最適合寧海德林法，以磅數 140P 最為合適；寧海德林法的指紋在黃光下最清晰。
- 3、紙上紋路可能影響實驗結果。

實驗二：不同指紋檢測法在非吸水性材料下的影響

- 1、龍膽紫法、氰丙烯酸酯法、粉末法(白粉和黑粉)適用於非吸水性材料上。
- 2、寧海德林法不適用於非吸水材料上。
- 3、金屬片必須有其他物質輔助或直接使用龍膽紫法檢測才能使指紋顯現。
- 4、龍膽紫溶液染色後以亮光照射指紋最明顯。

綜合實驗一與實驗二，我們統整吸水性材料的指紋顯色優劣勢成以下圖表。

檢測法 \ 紙的種類	70P		80P		100P		140P		180P	
	白光	×	白光	×	白光	△	白光	○	白光	×
龍膽紫直接染色	紅光	×	紅光	×	紅光	×	紅光	×	紅光	×
	黃光	×	黃光	×	黃光	△	黃光	○	黃光	×
	藍光	×	藍光	×	藍光	×	藍光	×	藍光	×
	龍膽紫直接染色	×	龍膽紫直接染色	×	龍膽紫直接染色	×	龍膽紫直接染色	×	龍膽紫直接染色	×
氰丙烯酸酯 and 再以龍膽紫染色	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
粉末法(白)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

(◎：極好，○：良好，△：尚可，×：差)

檢測法 \ 紙的種類	70P		80P		100P		140P		180P	
粉末法(白)再以龍膽紫染色	×		×		×		×		×	
粉末法(黑)	白光	△	白光	△	白光	△	白光	△	白光	△
	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	△
	黃光	×	黃光	×	黃光	×	黃光	×	黃光	×
	藍光	△	藍光	△	藍光	△	藍光	△	藍光	△
粉末法(黑) 再以龍膽紫染色	×		×		×		×		×	
寧海德林法	白光	△	白光	△	白光	○	白光	◎	白光	○
	紅光	○	紅光	○	紅光	○	紅光	○	紅光	○
	黃光	○	黃光	○	黃光	○	黃光	◎	黃光	○
	藍光	△	藍光	△	藍光	○	藍光	◎	藍光	○
寧海德林法再以龍膽紫染色	×		×		×		×		×	

(◎：極好，○：良好，△：尚可，×：差)

對非吸水性材料指紋顯色效果整理如下：

檢測法 \ 材料	塑膠袋		玻璃		銅片		鋅片		鋁片	
龍膽紫直接染色	白光	◎	白光	○	白光	◎	白光	◎	白光	◎
	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	△
	黃光	○	黃光	◎	黃光	○	黃光	○	黃光	○
	藍光	△	藍光	△	藍光	○	藍光	○	藍光	△
氰丙烯酸酯	×		白光	◎	白光	○	白光	△	白光	○
			紅光	△	紅光	○	紅光	×	紅光	○
			黃光	◎	黃光	○	黃光	△	黃光	○
			藍光	○	藍光	○	藍光	×	藍光	△

(◎：極好，○：良好，△：尚可，×：差)

檢測法	材料		塑膠袋		玻璃		銅片		鋅片		鋁片	
氰丙烯酸酯再以 龍膽紫染色	×		白光	△	白光	△	白光	△	白光	○	白光	○
			紅光	△	紅光	○	紅光	△	紅光	△		
			黃光	○	黃光	△	黃光	○	黃光	○		
			藍光	△	藍光	△	藍光	△	藍光	△		
粉末法(白)	白光	○	白光	◎	白光	○	×		白光	○		
	紅光	△	紅光	○	紅光	△			紅光	△		
	黃光	◎	黃光	◎	黃光	◎			黃光	○		
	藍光	△	藍光	△	藍光	△			藍光	△		
粉末法(白) 再以 龍膽紫染色	白光	○	×		白光	◎	白光	○	白光	○		
	紅光	△			紅光	◎	紅光	○	紅光	○		
	黃光	○			黃光	◎	黃光	○	黃光	○		
	藍光	△			藍光	◎	藍光	○	藍光	△		
粉末法(黑)	白光	△	白光	◎	白光	○	白光	△	白光	○		
	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	△	紅光	○		
	黃光	△	黃光	○	黃光	△	黃光	○	黃光	○		
	藍光	△	藍光	△	藍光	△	藍光	△	藍光	△		
粉末法(黑) 再以 龍膽紫染色	白光	◎	白光	○	白光	×	白光	○	白光	◎		
	紅光	○	紅光	△	紅光	×	紅光	△	紅光	○		
	黃光	◎	黃光	○	黃光	×	黃光	○	黃光	◎		
	藍光	○	藍光	△	藍光	×	藍光	△	藍光	○		
寧海德林法	×		×		×		×		×			
寧海德林法再以 龍膽紫染色	×		×		×		×		×			

(◎：極好，○：良好，△：尚可，×：差)

實驗三：指紋浸泡寧海德林試劑時間對顯現的效果

從結果來看，我們認為浸泡 2 分鐘和 5 分鐘的效果都相當明顯，但是在細節方面，5 分鐘的指紋卻較 2 分鐘模糊，因此，浸泡 2 分鐘應是對於細節顯現及觀察的最佳時間；而對於浸泡越久反而越不明顯的實驗結果，我們

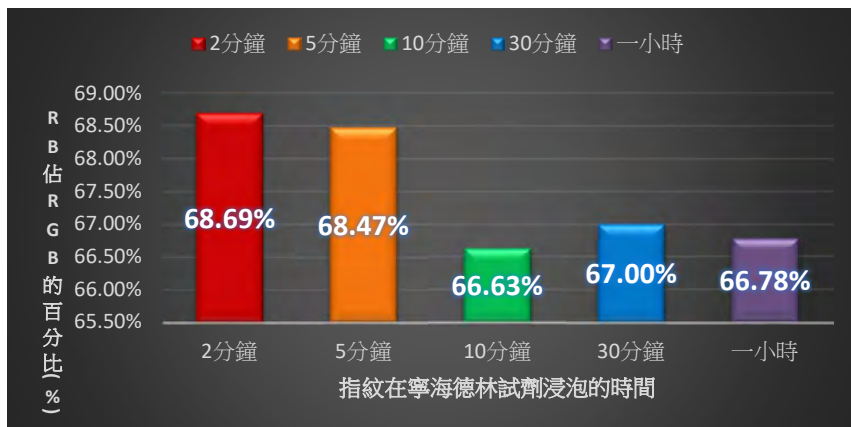


圖 5 浸泡寧海德林時間對指紋顯現的效果圖

覺得有可能是寧海德林試劑在反應的過程中，石油醚溶液揮發，造成寧海德林試劑過量，使指紋的顯現變得模糊，所以不適合浸泡過久的時間。

實驗四：烘箱溫度與時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

實驗 4-1 烘箱溫度對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

可以發現寧海德林在 60 到 70°C 效果較理想，溫度太低，反應會變慢，需要時間反應，但溫度在 80 度開始效果變差，可能是因為指紋殘留物理的胺基酸有被破壞的傾向，導致高溫效果不理想。

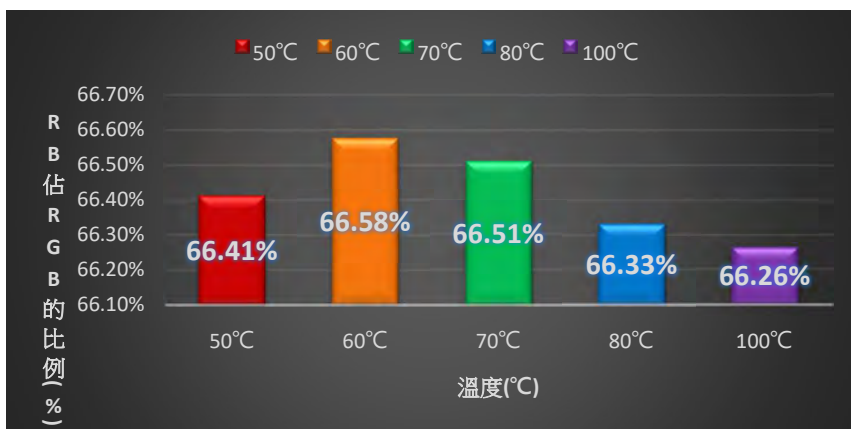


圖 6 寧海德林烘箱溫度對指紋顯現的效果圖

實驗 4-2 烘箱烘烤時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

以實驗 4-1 所得的結果得知 60°C 效果最理想，同時也發現烤箱在 60°C 時間在 30 分時指紋顯像表現最理想。

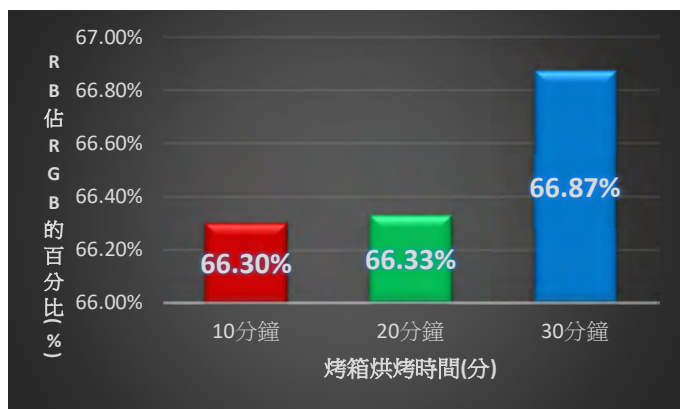


圖 7 寧海德林烘箱 60 度烘烤時間對指紋顯現的效果圖

實驗五：手上的酸鹼值流汗後對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態

可以發現在 pH=6 的環境下，指紋較能顯現，由酸鹼值來看，可以看出酸性比鹼性破壞強，酸性環境下，指紋在圖上可以看出有被破壞的情形，而鹼性環境下，指紋倒是有些溶解的現象。

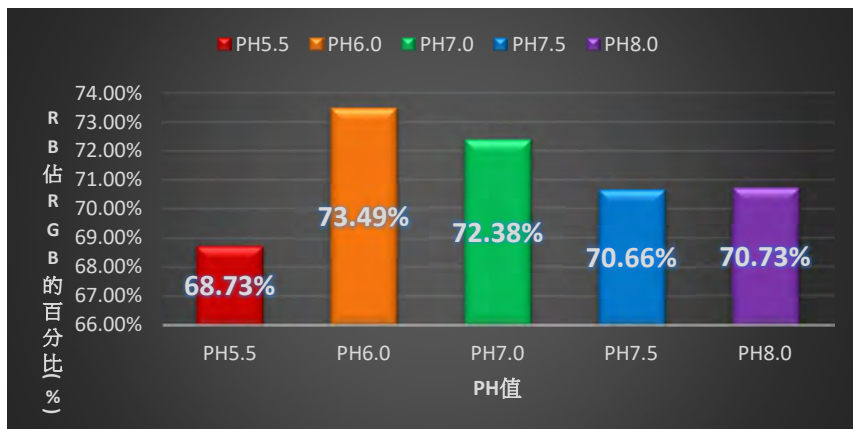


圖 8 手中 pH 值對寧海德林法指紋顯現的效果圖

實驗六：寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的顯影效果

縣警局原本自己本身教課書所教的方式，是六次萃取完，再加在一起使用，而他們所改良的方式，只是一次萃取就完成整個寧海德林試劑，但可以看出在第四次萃取之前，指紋效果都沒有差異太大，若是放棄之後的萃取，對那麼昂貴的寧海德林試劑，若是為了避免浪費，可以建議以四次萃取完再加在一起做改良的配方。

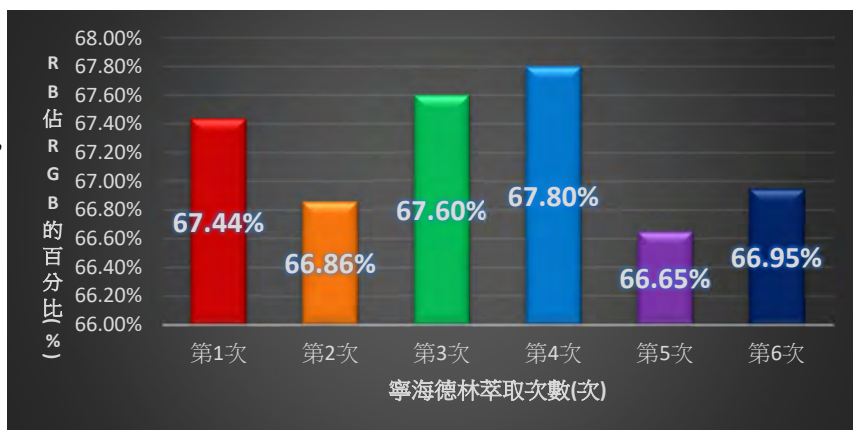


圖 9 原始寧海德林配置萃取次數對指紋顯現的效果圖

實驗七：探討一次萃取寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果

對於寧海德林試劑的配置來說，警局其實為了避免麻煩，後來都採取一次萃取，如果不是多次萃取的方式，節省的方法只能從濃度降低著手，我們本來以為將濃度降低，效果會變差，但實驗結果發現反而是原始配方的濃度效果是最好的，但卻又發現降低至百分之六十的濃度，效果其實沒有差異太大，甚至比140%的效果更加理想，所以可以建議警局以60%的濃度來做配製，以有效運用寧海德林試劑。

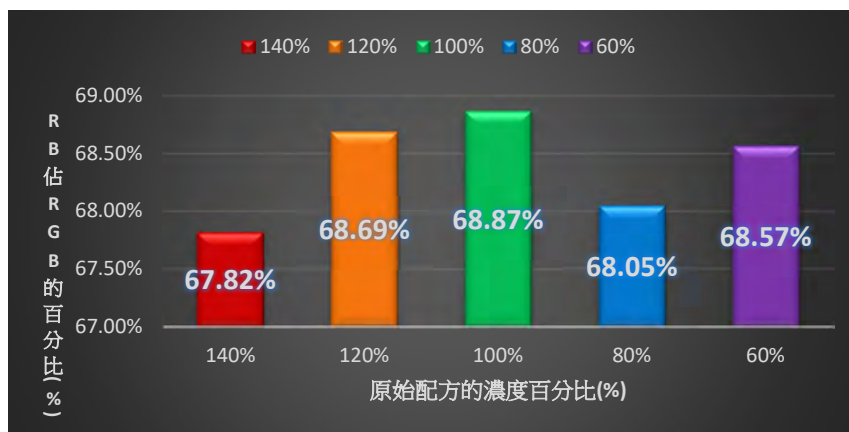


圖 10 原始寧海德林配方濃度比對指紋顯現的效果圖

柒、未來展望

經過這次實驗，我們可以很系統性的在不同情況下選擇不同的檢測方式，同時對寧海德林試劑、粉末法以及氰丙烯酸酯來做比較，但由於時間關係，我們無法在短時間內完成及分析更詳細的實驗結果，希望當未來有機會在接觸這類的題材時，可以將此研究的方法再重新探討一次，花費更多時間去分析與製作，並將未發現的結果與缺失一一修正，為指紋鑑識貢獻一份心力，讓警方在辦案偵查時，能夠擁有更簡便的方法去尋找出犯人。

捌、參考資料

- 1.內政部警政署刑事警察局-指紋小百科，2014 年 1 月 9 日，擷取自
<https://www.cib.gov.tw/Science/EncyclopediaDetail/231>
- 2.指紋維基百科，2016 年 12 月 19 日，擷取自
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8C%87%E7%B4%8B>
- 3.認識最簡易指紋採集方法，崑山科技大學，2013 年 3 月 11 日，擷取自
<http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~T093000079/blog?node=00000008>
- 4.指紋辨別維基百科，2015 年 10 月 13 日，擷取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8C%87%E7%BA%B9%E8%AF%86%E5%88%AB>
- 5.指紋檢測，科學 on line 高瞻自然科學教學資源平台，擷取自
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3290>
- 6.指紋鑑識，流言追追追，2014 年 6 月 27 日，擷取自
<https://www.youtube.com/watch?v=qI70NeEzYRQ>

【評語】 030206

優點：

1. 具有探究精神，實驗紀錄詳盡及數據分析完整。
2. 作品取題結合鑑識方面之知識，可以顯示出同學對於鑑識科學之探究慾望。
3. 寧海德林試劑對各種承載指紋的材料研究仔細。建議未來可以利用研究結果以發展新型採集指紋材料(同時對寧海德林試劑顯色效果較佳者)。

建議：

1. 建議未來可以自製簡易儀器自行檢測及分析實驗觀測之現象，可使作品更加出色。
2. 過去的相關想法已被廣泛報導，建議應在引言部分說明甚至凸顯此一實驗的新穎點或突破處。
3. 可針對指紋成因(油脂/日光曝曬程度)進行深入討論，單純討論試劑最佳化使題目侷限其真實應用性。

作品海報

在警局學習指紋鑑定中了解，要從線索裡找出犯罪的指紋是艱辛的，所以本次實驗就五種檢測法配合染色，了解不同材質的狀況，加上警局最常用的寧海德林試劑做最佳化研究，實驗發現如下：

不同材料適合的方法

- 1、吸水性材料指紋顯像最適方法為寧海德林法。
- 2、非吸水性材料指紋顯像以龍膽紫法、粉末法及氰丙烯酸酯法最適合。

寧海德林試劑最佳化

- 1、指紋浸泡寧海德林試劑約兩分鐘效果最理想。
- 2、指紋樣本以60°C烘30分鐘，顯像最佳。
- 3、酸會破壞指紋，鹼會溶化一部分指紋，在pH=6時寧海德林顯像最佳。
- 4、配置原始寧海德林試劑需六次萃取，可以發現在四次以內效果仍佳。
- 5、發現濃度在原始寧海德林試劑的60%仍有不錯表現，可以依此做改良。

摘要

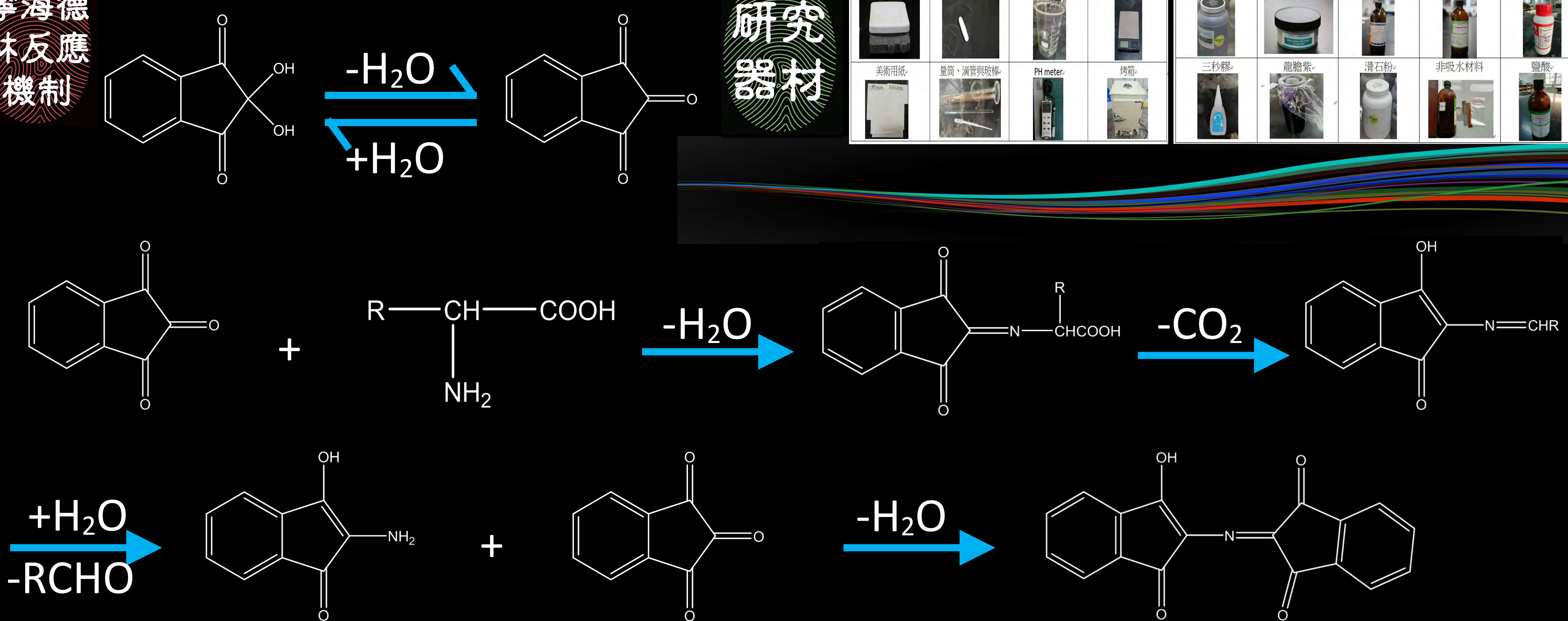
研究動機

發生了一樁神秘的殺人事件，現場所遺留的線索太少，無法確定可能的嫌疑犯。沒過多久，警方在現場遺留的一張沾滿血跡的鈔票中發現了一枚指紋，認為這很有可能是嫌疑犯的指紋。在查遍了指紋資料庫之後，指紋卻不在其中，所以沒辦法得知嫌犯到底是誰，但因線索獨獨只有~指紋，僅能等待新的線索出現。可是時間過去了，還是沒有新的線索。目前為止，這或許只是偵探小說中遺憾的結局，但現實生活中這確實是一個真實存在的問題。指紋分析方便又值得信賴，但傳統的指紋分析也有一個重要的缺陷：指紋圖像必須要與嫌疑犯或者資料庫中已有的指紋進行比對，而如果沒有找到嫌犯，在資料庫中也找不到與之匹配的數據，那麼人們就很難從一枚孤零零的指紋中找到線索了，於是，心存疑問的我們，決定對指紋鑑識展開研究的旅程。

研究目的

- 一、探討不同指紋檢測法在吸水性材料下的顯影時間與效果。
- 二、探討不同指紋檢測法在非吸水性材料下的顯影時間與效果。
- 三、探討放置時間對寧海德林試劑所顯現指紋的效果。
- 四、探討烘箱溫度對寧海德林試劑所顯現指紋的效果。
- 五、了解在酸鹼度干擾條件下對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態。
- 六、探討寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的指紋顯影效果。
- 七、探討寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果。

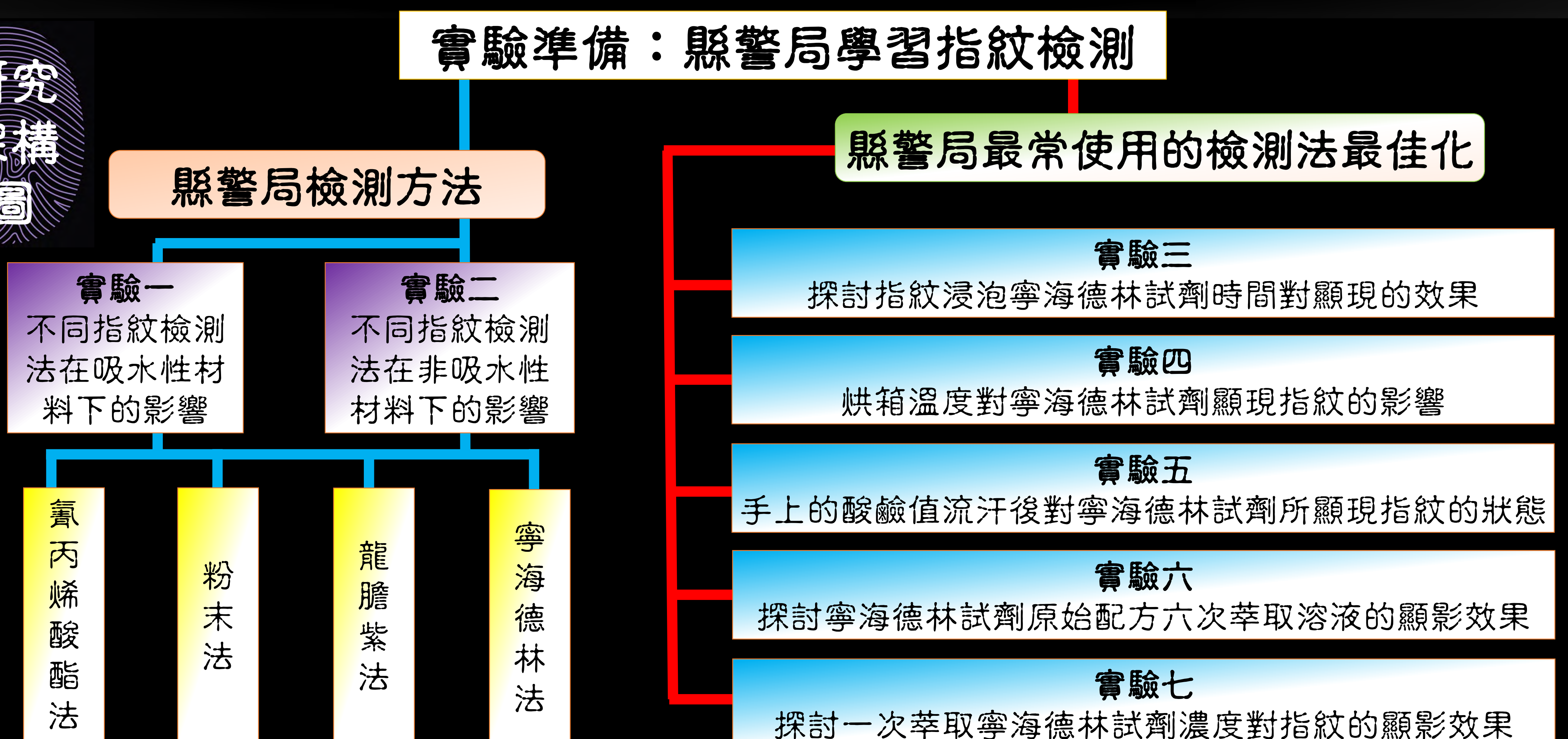
寧海德林反應機制



研究器材



研究架構圖



參

指紋浸泡寧海德林試劑時間對顯現的效果

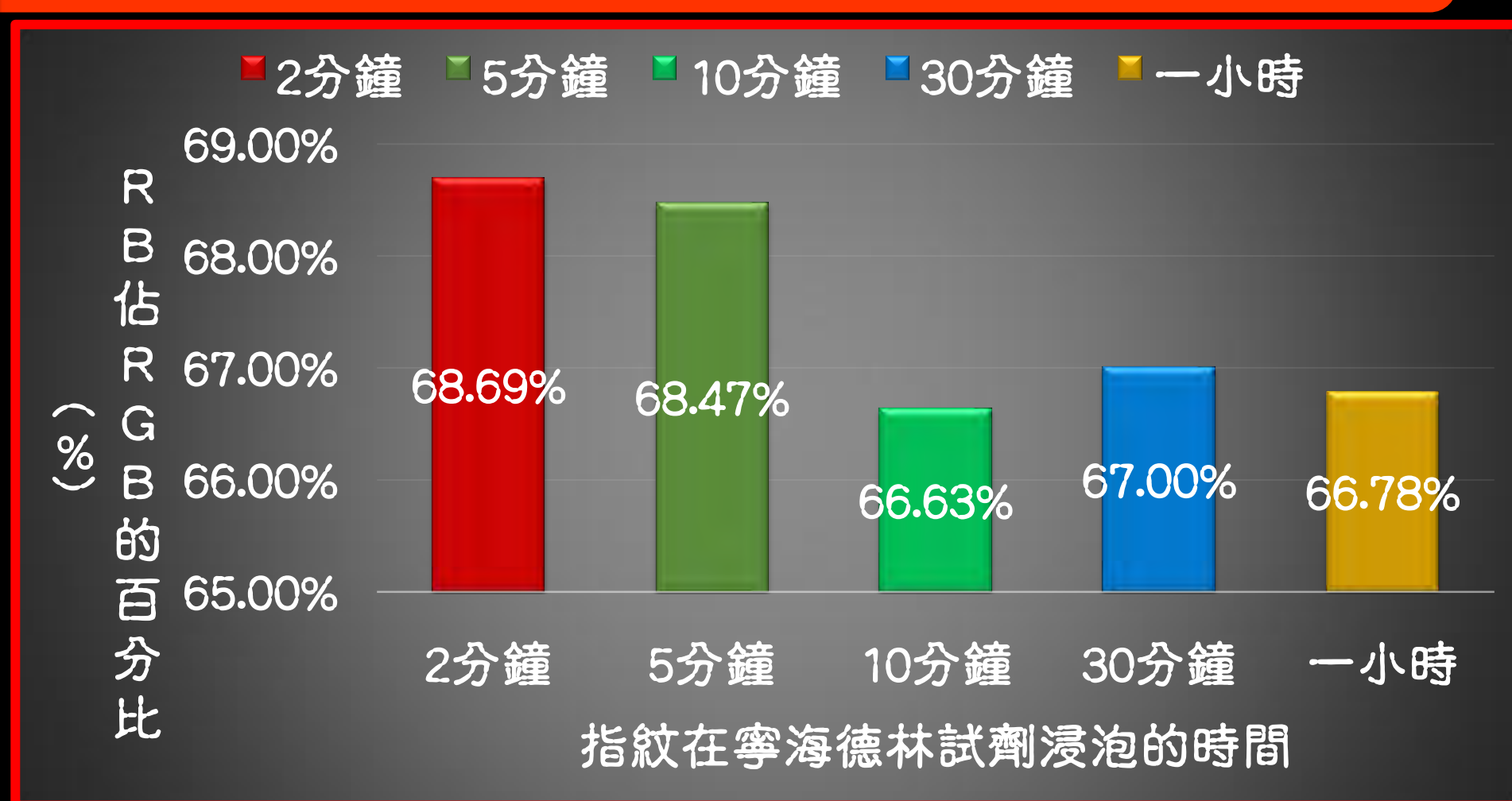


圖1 浸泡寧海德林時間對指紋顯現的效果圖

浸泡時間	2分鐘	5分鐘	10分鐘	30分鐘	1小時
Sample1RGB	182:154:153	181:158:160	172:167:164	167:158:163	175:168:162
Sample2RGB	177:149:153	182:157:161	169:162:152	171:163:164	173:169:162
Sample3RGB	176:148:151	178:161:169	173:169:162	169:166:166	168:165:165
Sample4RGB	179:152:152	186:163:171	162:159:154	166:161:159	170:163:162
RB 比例平均	68.69%	68.47%	66.63%	67.00%	66.78%

從結果來看，我們認為浸泡2分鐘和5分鐘的效果都相當明顯，5分鐘的指紋卻較2分鐘模糊，因此，浸泡2分鐘應是對於細節顯現及觀察的最佳時間；而對於浸泡越久反而越不明顯的實驗結果，可能是寧海德林試劑在反應過程中，石油醚揮發，造成寧海德林過量，使指紋的顯現變得模糊，所以不適合浸泡過久的時間。

肆

烘箱溫度與時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

實驗 4-1 烘箱溫度對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

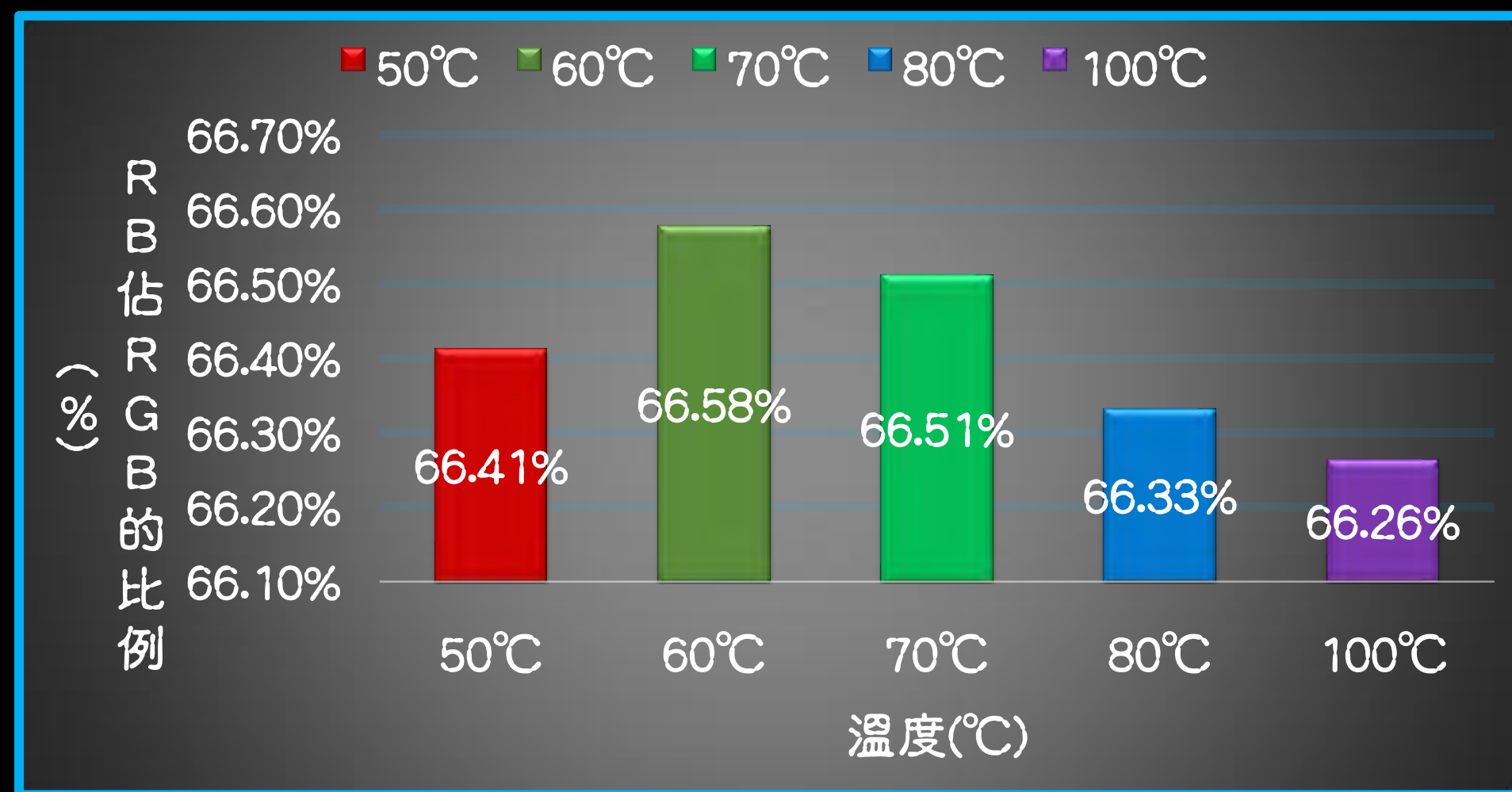


圖2 寧海德林烘箱溫度對指紋顯現的效果圖

實驗 4-2 烘箱烘培時間對指紋使用寧海德林試劑顯現的效果

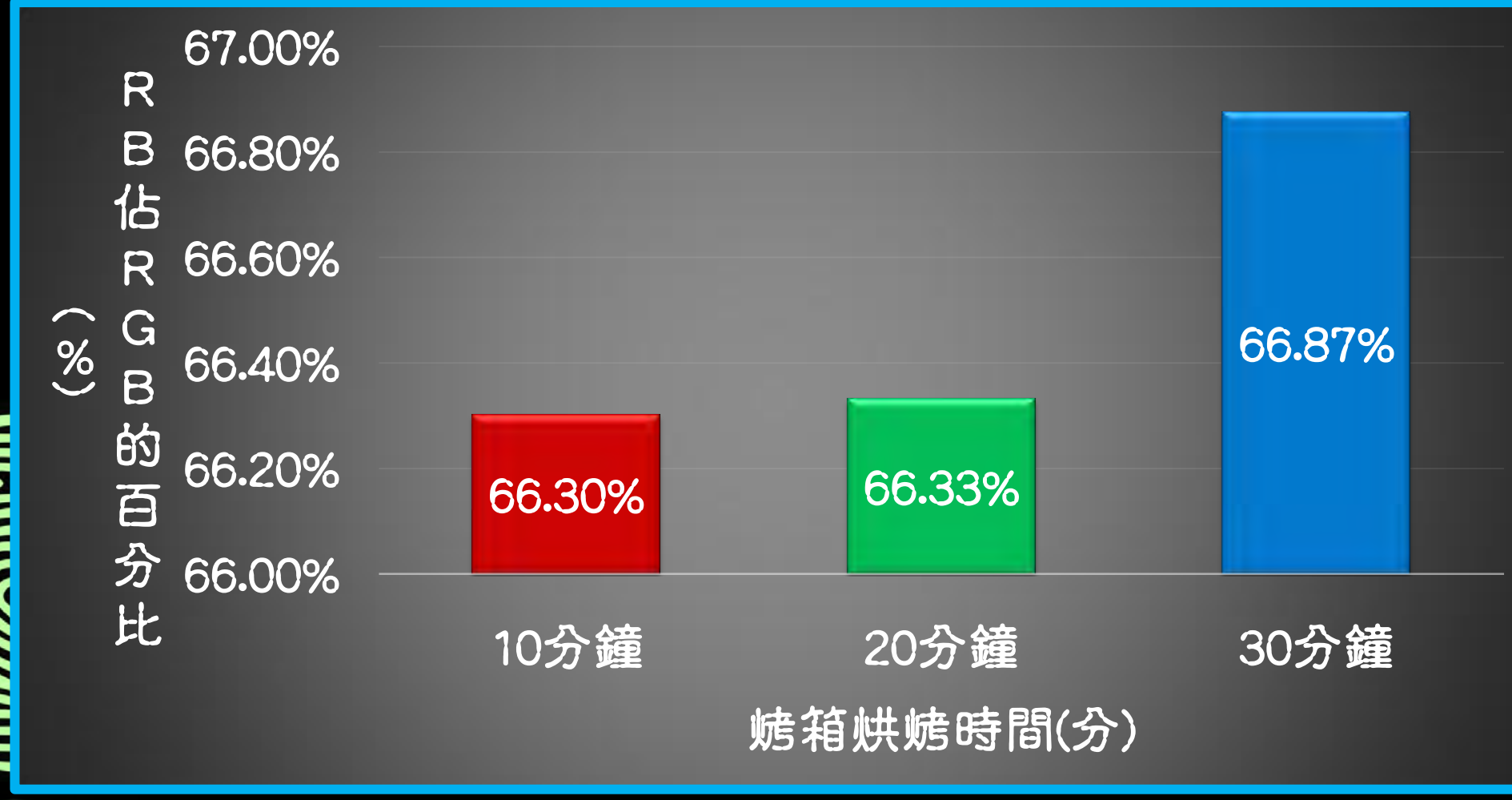


圖3 寧海德林烘箱60度烘培時間對指紋顯現的效果圖

可發現寧海德林在60到70°C效果較理想，溫度太低，反應會變慢，需要時間反應，溫度在80度開始效果變差，可能是因指紋殘留物的胺基酸被破壞導致。

以實驗4-1所得的結果得知60°C效果最理想，同時也發現烘箱在60°C時間在30分時指紋顯像表現最理想。

伍

手上的酸鹼值流汗後對寧海德林試劑所顯現指紋的狀態

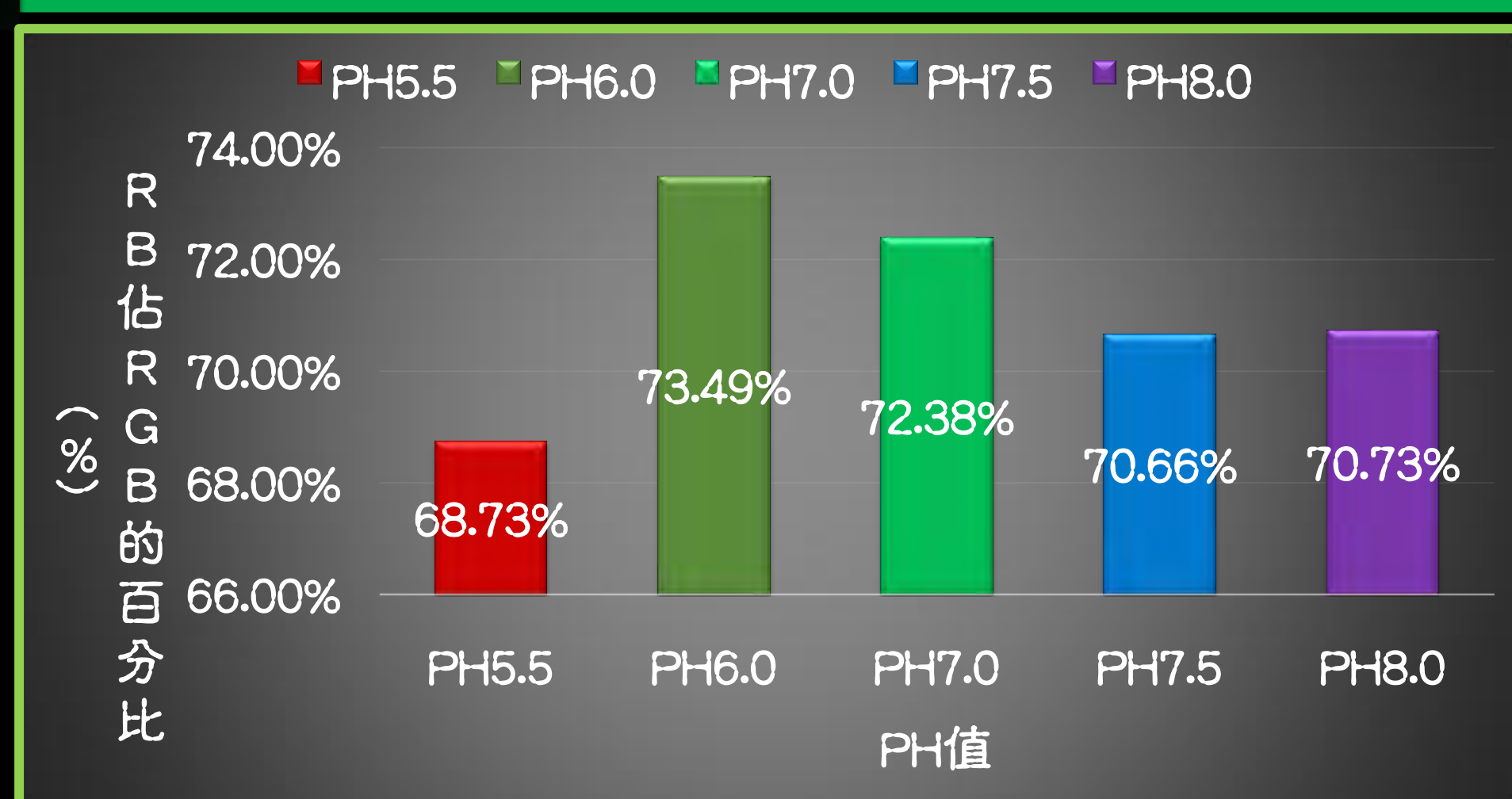


圖4 手中pH值對寧海德林法指紋顯現的效果圖

時間	10分鐘	20分鐘	30分鐘
Sample1RGB	199:200:195	205:206:200	156:147:140
Sample2RGB	183:192:193	196:194:187	162:157:158
Sample3RGB	202:203:197	163:164:159	167:164:162
Sample4RGB	206:209:207	178:172:162	183:170:160
RB 比例平均	66.30%	66.33%	66.87%

PH 值	5.5	6	7	7.5	8
Sample1RGB	230:221:248	157:117:168	168:134:187	177:147:171	229:192:236
Sample2RGB	221:209:241	162:121:178	164:128:182	175:144:188	176:152:178
Sample3RGB	198:186:209	167:132:181	175:138:181	182:154:192	203:179:223
Sample4RGB	217:199:227	172:123:181	158:126:164	168:149:178	192:153:197
RB 比例平均	68.73%	73.49%	72.38%	70.66%	70.73%

可以發現在pH=6的環境下，指紋較能顯現，由酸鹼值來看，可以看出酸性比鹼性破壞強，酸性環境下，指紋在圖上可以看出有被破壞的情形，而鹼性環境下，指紋倒是有些溶解的現象。

陸

寧海德林試劑原始配方六次萃取溶液的顯影效果

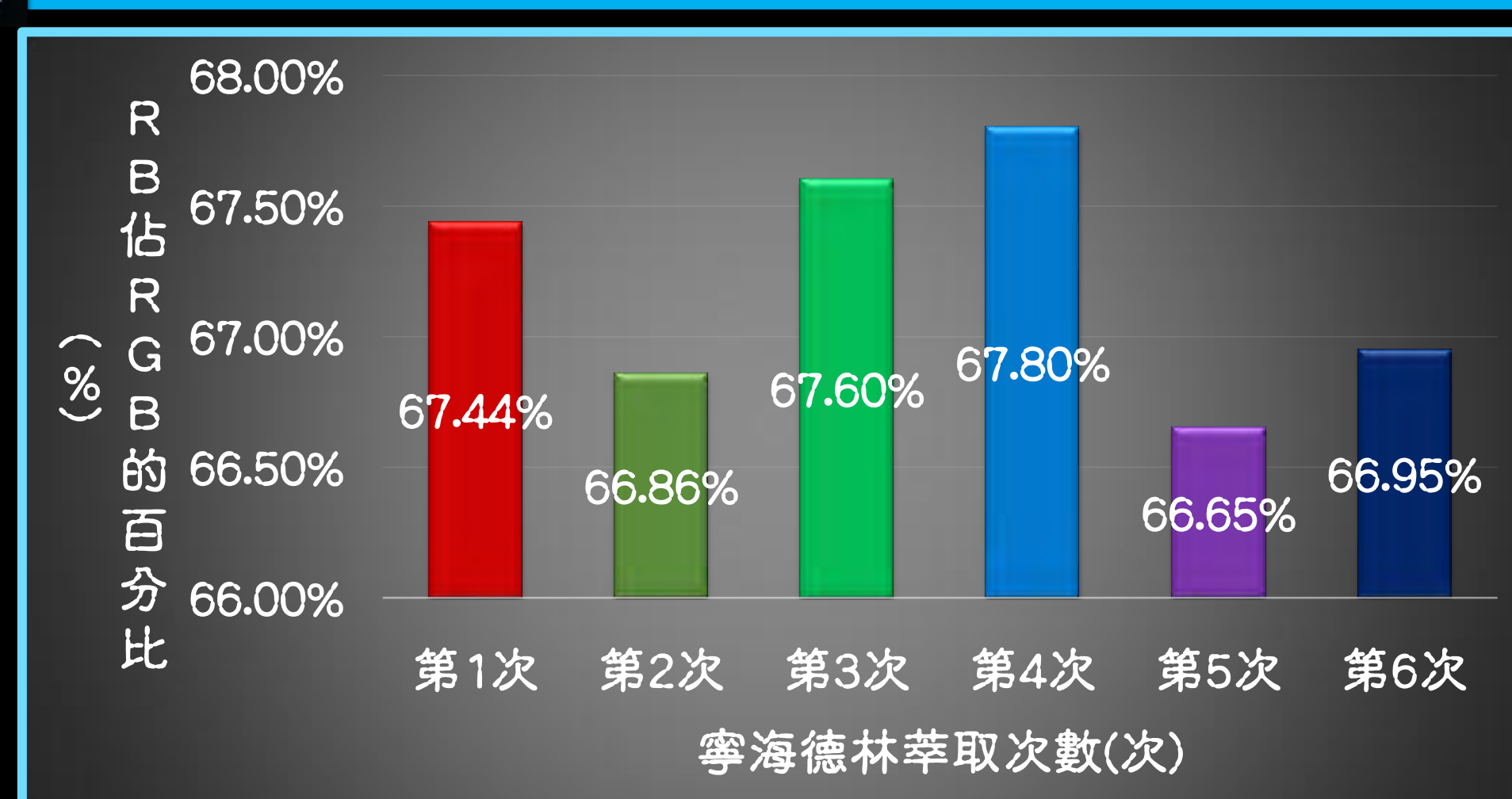


圖5 原始寧海德林配置萃取次數對指紋顯現的效果圖

萃取次數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次
Sample1RGB	178:164:161	175:168:160	176:158:156	182:169:172	176:169:163	180:170:165
Sample2RGB	181:166:162	170:167:166	162:149:152	165:148:156	178:174:166	172:168:166
Sample3RGB	181:166:166	165:159:153	193:181:179	177:159:154	191:176:163	183:173:166
Sample4RGB	176:165:164	183:171:170	188:169:164	165:152:151	172:167:162	163:159:162
RB 比例平均	67.44%	66.86%	67.60%	67.80%	66.65%	66.95%

縣警局原本教課書所教方式，是六次萃取完，再加在一起使用，而他們改良的方式是一次萃取完成，但可以看出在第四次萃取前，指紋效果沒有差異太大，若放棄之後的萃取，對昂貴的寧海德林試劑是很浪費，建議以四次萃取完再加在一起做改良的配方。

柒

探討一次萃取寧海德林試劑濃度對指紋的顯影效果

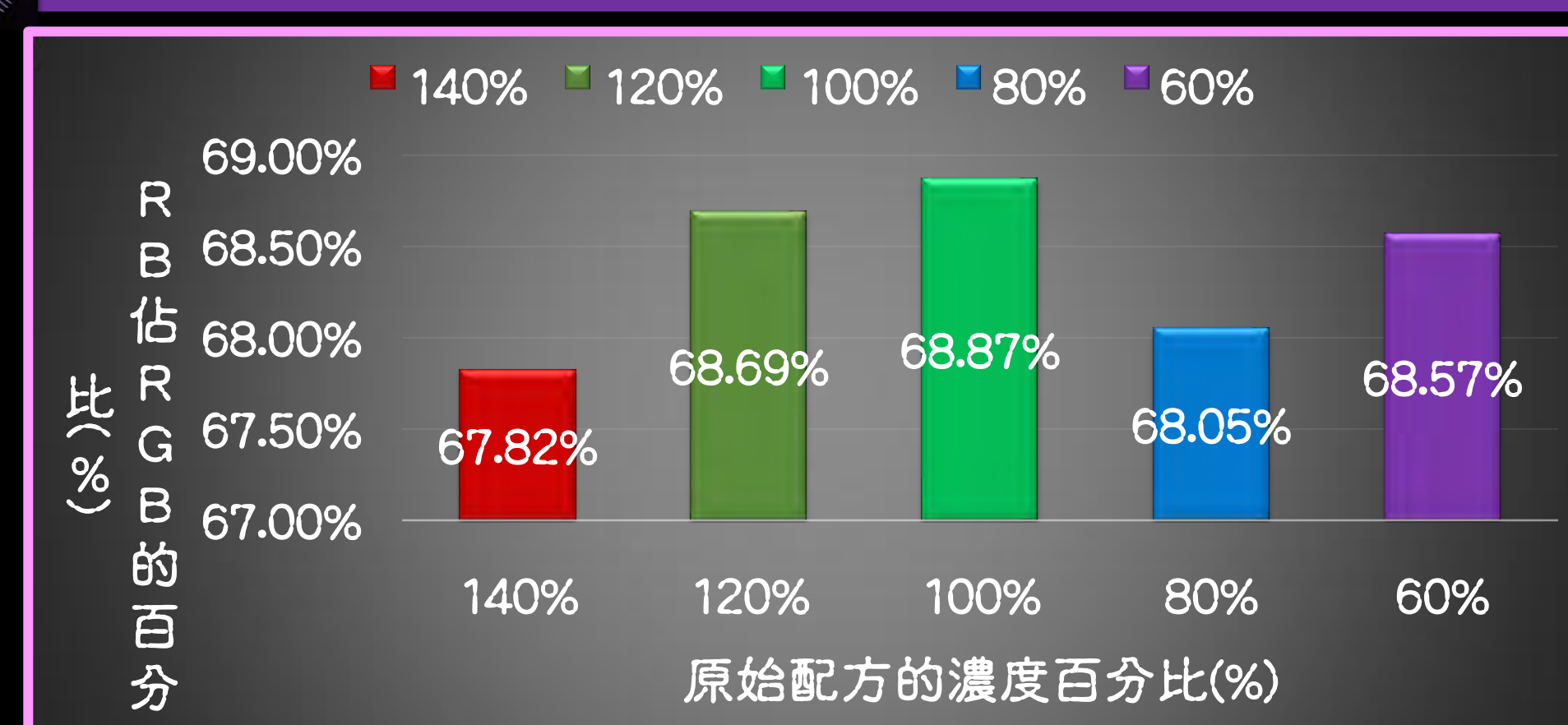


圖6 原始寧海德林配方濃度比對指紋顯現的效果圖

濃度	60%	80%	100%	120%	140%
Sample1RGB	180:152:151	157:138:140	141:113:110	159:131:128	187:169:171
Sample2RGB	176:150:148	162:141:142	163:140:144	142:122:119	192:177:176
Sample3RGB	182:155:154	169:153:156	139:111:109	168:138:136	175:162:163
Sample4RGB	196:163:166	172:160:162	177:154:162	188:156:162	182:163:168
RB 比例平均	68.57%	68.05%	68.87%	68.69%	67.82%

對寧海德林試劑配置來說，警局為避免麻煩，後來都採取一次萃取，節省的方法只能從濃度降低著手，本以為將濃度降低，效果會變差，但實驗發現原始配方的濃度效果是最好的，但降低至60%的濃度，效果其實沒有差異太大，甚至比140%的效果更理想，可以建議警局以60%的濃度來做配製，以有效運用。

1.內政部警政署刑事警察局-指紋小百科，2014年1月9日，擷取自

<https://www.cib.gov.tw/Science/EncyclopediaDetail/231>

2.指紋維基百科，2016年12月19日，擷取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8C%87%E7%B4%8B>

3.認識最簡易指紋採集方法，崑山科技大學，2013年3月11日，擷取自

<http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~T093000079/blog?node=000000008>

4.指紋辨別維基百科，2015年10月13日，擷取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8C%87%E7%BA%B9%E8%AF%86%E5%88%AB>

5.指紋檢測，科學on line高瞻自然科學教學資源平台，擷取自 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3290>

6.指紋鑑識，流言追追追，2014年6月27日，擷取自 <https://www.youtube.com/watch?v=qi70NeEzYRQ>

參考資料