

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-化學科

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：大驚失色~碘 - 澱粉混合液變色的研究

關 鍵 詞：碘、澱粉、酸鹼指示劑

編 號：080204

學校名稱：

臺北縣板橋市埔墘國民小學

作者姓名：

林怡慈、蘇雅婷、郭嘉元、劉曙豪

指導老師：

柯文賢、黃靜良



摘要

本研究是資優班獨立研究課程的作品，就 41 屆科展研習活動中所發掘的問題做追根究底的探討，研究成果摘要如下：

- (一) 碘酒、澱粉液的濃度越低，交互作用後的變色反應越淡，濃度越高，變色越深。利用滴入碘液的變色深淺，可判定植物體澱粉含量的多寡。
- (二) 碘酒滴入高溫澱粉液中，不會立即變色，冷卻後藍黑層才由上而下漸漸下沉。
- (三) 碘—澱粉的藍黑色的混合液加熱會變色，是碘昇華的緣故，冷卻後會由下而上回復藍黑色；但持續增加加熱時間，冷卻後不再回復藍黑色。
- (四) 探討碘 - 澱粉混合液變無色的其他可能因素，並了解氧化還原劑的對應組合及特性。
- (五) 可用滴定碘 - 澱粉混合液的變色反應，來檢視溶液的酸鹼強度。

大驚失色 碘-澱粉混合液變色的研究

一、研究動機：

去年我們資優班的學長，用澱粉和碘液的藍黑色混合液體來檢驗水果的維生素 C 含量，在全國科展中獲得佳績，學長在實驗的過程中，我們也在一旁觀摩學習，發現剩餘的碘—澱粉混合液，隔幾天顏色變淡了，加上心急的怡慈把剛煮沸離爐的玉米澱粉液馬上滴入碘液，顏色並未變藍黑色，一段時間冷卻後，藍黑色才慢慢出現，大家對這些現象很好奇，於是決定就學長實驗所留下的這些疑惑，做為本學期獨立研究的主題，一探碘與澱粉混合變色反應的奧秘。(本研究配合自然課本第十一冊「酸鹼溶液」單元、第十二冊「鐵釘生鏽了一氧化作用」單元的學習經驗。

二、研究目的：

探討那些植物的根、莖、種子、果實所含的澱粉量最多？

探討能否以碘液的變色反應，測定植物體的澱粉含量？

探討不同濃度的碘酒、澱粉液交互作用的變色反應有何差異？

探討碘酒滴入不同溫度的澱粉液中，變色反應有何不同？

探討碘—澱粉的藍黑色混合液，加熱顏色消失的原因？

探討影響碘—澱粉混合液變無色的其他可能因素？

探討影響碘—澱粉混合液變色的氧化、還原劑的對應組合及特性。

探討褐色的碘分子溶液和還原成無色的碘離子溶液對澱粉的反應有何不同？

探討滴定碘—澱粉混合液的變色反應，作為酸鹼指示劑的可行性。

三、研究器材設備：

各類含澱粉植物的根、莖、種子、果實，甘藷粉、馬鈴薯粉、玉米粉、米粉、天平、果汁機、顯微鏡、載玻片、碼錶、紗布、燒杯、試管、試管架、滴管、滴瓶、玻璃棒、電子溫度計、三角架、酒精燈、陶瓷纖維網、量筒、木夾、蒸發皿、漏斗、蒸餾瓶、試管塞、碎冰塊、沙、廣用試紙、自製澱粉試紙、錐形瓶、塑膠軟管、水盆、薊頭漏斗、注射針筒、雙氧水、二氧化錳、鋅片、小蘇打、稀鹽酸、稀硫酸、冰醋酸、氨水、氫氧化鈉、漂白水、硼酸、檸檬酸、酒精、火柴、維生素 C 片、硫代硫酸鈉、石灰水、碘晶體、唾液、葡萄糖、紙箱、鋁箔紙、UV 防護罩、UV-B 燈組、日光燈。

四、研究過程：

問題一：那些植物體含有澱粉？澱粉的型態如何？

方法：(略)

發現：

各類含澱粉植物經攪碎、過濾、沉澱後，在底層都有一層白色或灰白色的沉澱，加碘液均呈藍黑或藍紫色反應。

白蘿蔔、南瓜、香蕉、木瓜沒有白色沉澱，殘渣和上層澄清液加碘液也不變色，所以不含澱粉。

白米、芋頭的澱粉顆粒最細，經過濾沉澱，收集到最多的白色粉末。

澱粉經顯微觀察多為圓形或橢圓形，中間透明的顆粒。

攪碎過濾後的殘渣仍留有許多澱粉，因此無法由白色沉澱量判斷植物體的澱粉含量。

澱粉加熱後呈透明或半透明黏稠狀。

問題二：能以碘液的變色反應，測定植物體的澱粉含量嗎？

方法：(略)

發現：

相同重量的植物體搗碎加水，滴入碘液後變色反應的快慢不同，白米、甘藷、玉米滴入 1 滴碘液後立刻變色，澱粉含量最高。

滴入 2 滴碘液才變色的有小麥、蓮子、芋頭，澱粉含量也多，馬鈴薯、薏仁、綠豆則滴入 4 滴碘液才變色，蓮藕滴入 5 滴才變色，澱粉含量較低。白蘿蔔、南瓜、香蕉、木瓜則滴入 6 滴碘液仍不變色(或呈碘液稀釋的淡茶褐色)，不含澱粉。

問題三：不同濃度的碘酒、澱粉液交互作用的變色反應有何差異？

方法：(略)

發現：

澱粉濃度相同，滴入低濃度的碘酒，顏色較淡；滴入碘酒的濃度越高，變色程度越深。

碘酒濃度相同時，滴入濃度較低的澱粉液中，顏色較淺(淡藍黑)；滴入濃度較高的澱粉液中，變色較深(紫、深藍紫)。

問題四：碘酒加入不同溫度的澱粉液中，變色反應有何不同？

方法：(略)

發現：

碘酒加入 60 以下的澱粉液，顏色較深，而澱粉液放在冷凍庫中，因澱粉沉澱下層，所以加入碘酒後，上層透明不變色，底層則出現碘 + 澱粉作用的顏色。

碘酒加入 60 以上的澱粉液，顏色變淡，且溫度越高，顏色越淡，加入 100 澱粉液中，則呈透明狀，但溶液上層有漂浮一層薄薄的淡藍黑色層。100 的澱粉溶液，室溫冷卻後，上層薄的藍黑、紫色層會漸漸下沉。

問題五：碘—澱粉的藍黑色混合液加熱顏色會改變嗎？

實驗一：加熱碘—澱粉的藍黑色混合液

方法：(略)

發現：

甘藷、馬鈴薯加碘酒的混合物加熱至 80 時，顏色開始變淡，玉米是 70 以上，米是 60 以上，顏色逐漸變淡。

四種澱粉液加熱至 80 時，顏色明顯變淡，並分別在八十多度時顏色完全消失，呈無色透明狀。

加熱後的碘—澱粉混合液，在試管壁上緣，都有藍色蒸氣附著。

四種無色透明的澱粉液冷卻後，都會從底層向上慢慢回復原有的藍黑、紫

的顏色，但是比原來的色彩淡許多。

實驗二：碘—澱粉的藍黑色混合液加熱顏色消失，是否碘昇華的原故？

方法：(略)

結果：

用蒸餾瓶加熱碘—澱粉的藍黑色混合液，在急速冷卻的試管中，可收集到金屬光澤的黑紫色結晶，與直接加熱碘片，在錶玻璃上冷卻碘蒸氣形成的褐紫色片狀結晶相似。

碘片遇熱昇華，會使澱粉試紙成藍黑色，加熱碘—澱粉的藍黑色混合液，當蒸餾瓶中液體變成透明無色時，分支導管裡有黑褐色蒸氣凝結，衝入試管中，使澱粉液成藍黑色。

實驗三：加熱碘—澱粉混合液成無色，冷卻後為何又重現藍黑色？

方法：(略)

發現：

蒸餾瓶中的碘—澱粉混合液加熱至藍黑色開始變淡時，可在冷卻試管中收集微量的黑紫色晶體，加熱溫度越高，時間越久，收集的量越多。

隔水加熱碘—澱粉混合液至變無色，及 100 後持續加熱 30 秒、1 分鐘，立即急速冷卻，都可見由試管底部漸漸往上又回復藍黑色，但沸騰後持續加熱 2 分鐘以上，溶液就不再回復藍黑色了。

由以上現象分析，加熱會使碘與澱粉分離，變成無色，但仍有少部分碘分子未昇華，沉澱試管底部，急速冷卻後，又與澱粉作用，藍黑色再現。

實驗四：碘—澱粉混合的濃度不同，會影響加熱變無色的溫度和時間嗎？

方法：(略)

發現：

澱粉液和碘酒的濃度增加，都會使混合物加熱變無色所需的溫度增高，所需的時間也增長(越慢)。

澱粉液和碘酒的濃度增加，冷卻由無色變回混合物原色的時間越短(越快)；但澱粉液太濃(如 10% 以上)，加熱呈黏稠團塊狀，殘留碘分子不易向上擴散，回復原色的時間反而變長(越慢)。

問題六：放置的時間長短，會影響碘酒、澱粉液、碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

碘酒未密封，即使放置 20 天仍未褪色，和溫度不高有關。

加熱煮沸過的澱粉液呈半透明狀，能溶解水中，滴入碘酒，整支試管呈現均勻的藍黑色；未加熱的甘藷粉液，2 小時後上層透明澄清，下層為乳白色沉澱，澱粉不能完全溶解，滴入碘酒，呈現上層藍色，而底層藍黑，不均勻的淺深色組合。

碘—澱粉混合液不論加不加熱，密不密封，長時間放置陰涼處，顏色仍會褪去。

問題七：日照會影響碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

碘—澱粉混合液在陽光照射下，明顯快速變無色，尤其不密封的試管最快，4 小時就變無色半透明。

問題八：陽光中的紫外線會影響碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

紫外線照射會使碘—澱粉混合液的液溫升高，雖然只有 33℃，但卻使混合液的顏色快速變淡，而日光燈下及陰涼處的混合液 18 小時內都不變色。

問題九：氣體會影響碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

藍黑色的碘—澱粉混合液在氧氣試管中顏色快速變淡，2 小時就變成澱粉液的原色半透明狀。

混合液在其他氣體中也會變色，在氫氣與一般空氣中變色速率差不多，約第 4 或第 5 天變色，在二氧化碳中則變色最緩慢。

混合液在真空的試管中仍然會變色，與在二氧化碳中的變色速率相當，約 14 天後變為無色。

問題十：碘—澱粉混合液與空氣接觸面積不同，會影響變無色的速率嗎？

方法：(略)

發現：

混合液在口徑較大的燒杯中，與空氣接觸面積大，增加氧化速率，變無色的時間較短。

混合液在口徑小的試管中，與空氣接觸面積小，第 11 天才變為無色。

問題十一：唾液會影響碘酒、澱粉液、碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

唾液不會使碘酒或澱粉液變色，但唾液具有消化酵素，可使澱粉轉變成葡萄糖，而碘酒對葡萄糖不起作用，呈無色透明，因此碘酒滴入混合唾液的澱粉液中，不會變藍黑色，呈半透明狀。

溫熱會加速唾液對澱粉的分解，滴入碘酒，呈無色半透明狀；未溫熱的唾液—澱粉混合液，分解的速率較慢，滴入碘酒呈微淡藍色。

問題十二：酸鹼溶液會影響碘酒、澱粉液、碘—澱粉混合液的變色反應嗎？

方法：(略)

發現：

碘酒加入中、酸性溶液都不變色，呈現原有的茶褐色，加入鹼性溶液顏色會變淡，以氫氧化鈉(強鹼)最明顯，呈無色透明。

澱粉液加入酸鹼溶液都不變色，呈半透明或無色透明。

碘—澱粉混合液加入中、酸性溶液也不變色，但加入醋酸(強酸)會由藍黑變成紫褐色；加入鹼性溶液顏色會變淡，鹼性越強，顏色越淡，強鹼則呈無色透明。

問題十三：還有那些物質可以做為碘--澱粉混合液變無色的還原劑？

方法：(略)

發現：

由問題十二知道鹼性溶液可使碘—澱粉變無色，但所有的還原劑並非都是鹼性，酸性也有，如含二氧化硫的火柴煙、維生素 C 等。

各種顏色的火柴頭藥都含有硫，燃燒會產生二氧化硫，溶於水就是亞硫酸，具有還原性，把碘還原成碘離子(I^-)。

問題十四：還原成無色的碘--澱粉混合液加入氧化劑，可否變回藍黑色？

方法：(略)

發現：

碘的氧化劑與還原劑間有配對組合的關係存在，而酸鹼並非絕對的配對條件。

和雙氧水配對的還原劑有火柴煙、維生素 C、大蘇打。和稀鹽酸、冰醋酸配對的是氫氧化鈉、石灰水。

問題十五：碘--澱粉混合液的變色(還原氧化)可重複進行嗎？

方法：(略)

發現：

氧化還原的配對組合，不一定能不斷重複進行。

可重複反應的配對組合，所需的氧化還原劑量，會因反應次數的累進而增加。

問題十六：碘酒在褐色(碘分子)時，可以檢測澱粉(變藍黑色)，還原成無色(碘離子)時，滴入澱粉液會變色嗎？

方法：(略)

發現：

被還原劑還原成無色的碘離子(I^-)溶液，就失去對澱粉的特殊反應，加入澱粉液，多呈乳白色混濁狀。

問題十七：滴定碘—澱粉混合液的變色反應，可否檢測溶液的酸鹼強度與濃度？

方法：(略)

發現：

鹼性溶液可直接滴定碘—澱粉的混合液使它變無色，鹼性越強、濃度越高，變無色的滴數越少。

中、酸性溶液直接滴定碘—澱粉混合液，仍呈現藍黑色，無法檢測酸性強度。但兩者混合再以氫氧化鈉溶液滴定，可判定溶液的酸性強度，溶液越酸、濃度越高，使混合液變無色所需的氫氧化鈉滴數越多。

五、討論：

澱粉因種類結構不同，滴入碘液後會呈現藍黑、藍紫、深紫等不同的顏色，

澱粉液加熱也因種類不同而呈不同程度的(半)透明黏稠狀。

可用滴定濃度一定的碘液，與澱粉液混合變色的快慢來判定植物體澱粉含量的多寡。

高溫會阻擋抑制碘—澱粉的結合，或破壞已結合的碘分子與澱粉分子，使它們分離。碘酒滴入高溫的澱粉液中或碘—澱粉的藍黑色混合液加熱至八十多度，都呈透明或半透明無色狀，雖然冷卻後都能回復原有的藍黑、藍紫，但顏色回復的順序不同；前者是由上而下，藍黑、紫色層漸漸下沉；後者是由底層向上，慢慢回復原有的藍黑、紫色。

由蒸餾瓶的冷卻試管中和錶玻璃上冷卻碘蒸氣形成的結晶，證實碘—澱粉加熱變無色的主因是碘昇華的原故。

碘—澱粉混合液在陽光照射下，約 4 小時就快速變無色，比放置陰涼處等量的混合液約需 20 天以上才變無色，明顯快了許多，雖然陽光下液溫、氣溫都較高，但仍未達 60 以上，因此變無色是否溫度高造成碘昇華的原故，或陽光中的其他因子—如紫外線等造成變色？經由紫外線箱照射後發現，陽光中的紫外線確實使變無色更快速。

藍黑色的碘—澱粉混合液在氧氣中快速變無色，我們推測混合液中的碘，可能氧化成新的化合物，使混合液變無色。

碘—澱粉混合液在無氧的其他氣體或真空中雖然變色緩慢，但最後仍會變回無色，是澱粉變質造成的嗎？或是混合液中仍有溶氧的原故？或是其他因素？值得更進一步研究探討。

碘—澱粉混合液加入還原劑，使褐色碘分子(I_2)，還原成無色的碘離子(I^-)，與澱粉分離，溶液褪為無色。再加入氧化劑，又可使藍黑色再現，但氧化、還原劑間有一定的配對組合，無法配對成功的，加入氧化劑仍呈無色。

碘—澱粉混合液的氧化還原變色反應，有些組合可重複進行，有些則不行。可重複反應的配對組合，所需的氧化還原劑量會因反應次數的累進而增加。

碘—澱粉混合液對鹼性溶液反應靈敏，可做為良好的酸鹼指示劑。我們嘗試改變不同的滴定組合，在酸鹼中和及增減的過程中，顏色也在藍黑與無色之間交互變換，非常有趣。

六、研究結論：

含澱粉植物經攪碎、過濾、沉澱，可收集到白色的粉末，加碘液會有變色反應，澱粉經顯微觀察多為圓形或橢圓形、中間透明的顆粒。

澱粉含量高的植物體經搗碎加水，滴入 1 滴碘液即刻變色；澱粉含量較低的則需滴入越多滴碘液才會變色。

不同濃度的碘酒、澱粉液交互作用的變色反應不同，濃度越低，顏色越淡(淡藍黑、淡紫)；濃度越高，變色越深(深藍黑、深藍紫)。

碘酒滴入高溫的澱粉液中，因高溫使碘分子不易下沉與澱粉結合作用，而漂浮在上層，待溶液冷卻後，藍黑色層才漸漸下沉。加熱碘—澱粉混合液變無色後，可能仍有部分的碘分子未完全昇華，冷卻後，底層碘分子又再

與澱粉結合作用，由下而上回復原有的藍黑、紫色。

碘—澱粉混合液加熱變無色後，再持續加熱一段時間，冷卻後溶液不再回復藍黑、紫色，證實碘已全部昇華。

碘酒與澱粉液的濃度越高，混合加熱變無色所需的溫度增高，時間增長；相對的冷卻後變回藍黑色的時間越短(越快)，應與未昇華的碘較多，澱粉含量又高，作用更迅速有關，但澱粉太濃(10%以上)則相反。

澱粉液不論加熱過或不加熱，不論密不密封，滴入碘酒後，長時間放置陰涼處，久了顏色仍會褪去，若照射陽光，變色明顯更快。

紫外線箱照射下的碘—澱粉混合液，變無色的速度明顯比放置日光燈下及陰涼處的更快。

碘—澱粉混合液不論在真空或其他氣體中，都會變回無色，但變色速率不同；在氧氣中變色最快，1小時顏色變淡，2小時就呈無色半透明狀，在二氧化碳及真空中變色最慢，約14天後才變無色。

碘—澱粉混合液在口徑較大的容器中，與空氣接觸面積越大，增加氧化速率，越快變成無色。

唾液具消化酵素，可使澱粉轉變成葡萄糖，尤其溫熱過後，分解的速率更快，滴入碘酒後，呈無色半透明狀。

碘酒、碘—澱粉混合液加入大部分的中、酸性溶液不變色，加入鹼性溶液顏色會變淡，鹼性越強，顏色越淡，遇強鹼(如氫氧化鈉)則呈無色透明。

火柴煙、維生素C、大蘇打、氫氧化鈉、氨水、石灰水等，都可做為碘—澱粉變無色的還原劑，這些還原劑，酸鹼性質都有。

碘的氧化劑與還原劑間有配對組合的關係存在，和雙氧水配對的有火柴煙、維生素C、大蘇打；和稀鹽酸、冰醋酸配對的是氫氧化鈉、石灰水。

還原成無色的碘離子(I^-)溶液，失去對澱粉原有的反應，呈乳白色混濁狀。鹼性溶液的檢測可直接滴定碘—澱粉混合液，使它變無色所滴入的滴數越少，表示鹼性溶液越強或濃度越高。酸性溶液的檢測則先與碘—澱粉混合液混勻，再滴入鹼性溶液，使之酸鹼中和，一直滴定使混合液變至鹼性，計算變無色所滴入的全部滴數，滴數越多，表示酸性溶液越酸或濃度越高。

七、參考資料

中山自然科學大辭典第5冊化學類 368—370頁。

科學研習第三十八卷第四期 5—7頁。

科學研習第二十四卷第三期 18頁。

不可思議的科學實驗室 化學篇 61、62、63頁 世茂出版社。

小小科學家實驗觀察百科第1冊第2頁；第6冊25頁；第10冊13頁、18頁。 三豐出版社

<http://general.chemistry.pu.edu/oxidation/oxidation2.htm>

http://www.iqmind.com.tw/teachers/teach_classroom1.htm

(第一名)(最佳團隊合作獎)

1. 研究材料取自日常生活之蔬果、花卉，相當生活化
2. 實驗方法與觀念正確，且能盡力以簡單器材去滿足實驗過程所要求之條件
3. 濃度之測定值及紀錄之計算正確
4. 有團隊精神，參與者均能深入理解研究過程與內容
5. 實驗過程有加熱具危險性，宜小心。