

觸媒對過氧化氫分解反應之影響

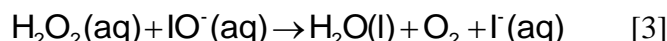
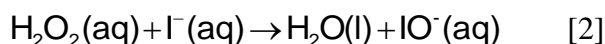
觸媒 (Catalyst) 又稱為催化劑，是一種加到反應系統中，可以參與反應以加快反應速率，而本身不被消耗或轉化的物質。觸媒的加入，降低反應的活化能，讓反應在較低的溫度下可快速反應，達到節能的目的，因此在工業製程上有許多的應用，如食用油氫化和重要化工藥品氨的製程等，均需要借助觸媒。觸媒一般分為均相觸媒、異相觸媒及生物觸媒（酶或酵素）三大類，各有作用機制。其中酵素，在生物體內扮演重要角色，所有的生長代謝過程，如醣類代謝、蛋白質合成和分解、遺傳訊息傳遞等，都需要酵素的參與。酵素的催化反應具有高的專一性且好的催化效率，但因酵素一般是由具有特殊立體結構的蛋白質組成，因此受環境酸鹼度和溫度等影響很大¹。

■ 原理與概念

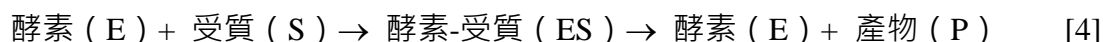
日常生活中用以消毒傷口的雙氧水，是含有 3% H_2O_2 的過氧化氫水溶液。在室溫下久置，過氧化氫會自然分解成水和氧氣，而失去效力，其分解反應如式[1]所示。



我們可以使用均相觸媒 KI 水溶液、異相觸媒 MnO_2 固體及生物觸媒催化此分解反應。均相觸媒 KI 參與分解反應的機制如式[2]和式[3]所示²。異相觸媒 MnO_2 則是讓反應物吸附在接觸面的活性位置，使反應活化能降低，而加快反應。



生化反應中的觸媒稱為酶或酵素，多由蛋白質和輔酶所組成，具有特殊的立體結構，對反應受質具有高的專一性，在一般體溫的溫度下就有很好的催化效率。酵素的催化機制，一般以鎖鑰模式來說明，如式[4]所示：酵素 (E) 的活化中心先與受質 (S) 結合，形成位能較低的活化複合體 (ES)，再將受質快速轉變成為產物 (P) 而脫離酵素。因此當環境的酸鹼度或溫度改變，酵素的立體結構發生變化時，它的催化效率會有極大的變化。



本實驗使用過氧化氫水溶液的分解反應，來觀察比較不同相態觸媒的催化效果，並探討影響酵素活性的因素。由於分解反應所產生的氧氣不易透過肉眼觀察，因此在過氧化氫溶液中加入洗碗精以包覆所產生的氧氣，並將反應系統置於量筒中，隨著定量催化劑催化分解反

應的進行，量筒中的清潔劑泡沫面也隨的升高，記錄泡沫面高度隨時間的變化，可定量分解反應速率³。

■ 藥品、器材與材料

一、藥品

每組用量：二氧化錳 0.1~0.3 g、3%過氧化氫 35 mL、2.0 M 碘化鉀溶液 1~3 mL、50%洗碗精 2 mL、液態氮 5 mL

二、器材與材料

每組用量：線香數支、豬肝 1 小片、剪刀 1 支、鑷子 1 支、錶玻璃 1 個、蒸發皿 1 個、燒杯 (100 mL) 1 個、量筒 (50 mL) 3 個、塑膠滴管 2 支、麻布手套 1 雙、塑膠盆 1 個、計時器 1 個，如相片一所示。



相片一：剪刀和豬肝（上左）、量筒和塑膠盆（上右）、蒸發皿和錶玻璃（下左）、麻布手套和塑膠滴管（下右）

三、藥品配製

- 3%過氧化氫溶液：量取 100 mL 的 30% H_2O_2 加水稀釋到 1 L。
- 2.0 M 碘化鉀 KI：稱 33.2 g 碘化鉀 (KI) 溶解稀釋至 100 mL。
- 50%洗碗精：量取 50 mL 的洗碗精加水稀釋到 100 mL。

■ 實驗步驟

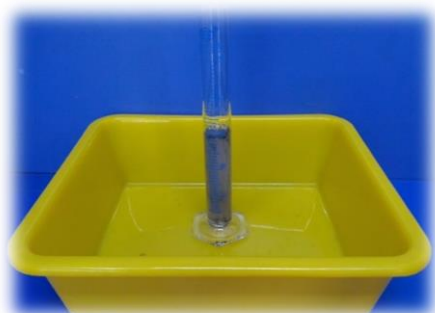
一、過氧化氫分解反應—異相與均相觸媒

1. 秤量約 0.1 g 的 MnO_2 ，加至 50 mL 量筒中。再加入 3 滴洗碗精，並放置量筒於塑膠盛接盆，如相片二所示。



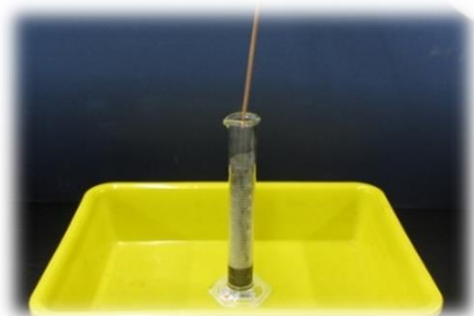
相片二：量筒中加入 0.1 g 的 MnO_2 和 3 滴的洗碗精

2. 於量筒中加入 5 mL 的 3% 過氧化氫溶液，迅速搖動量筒以混合溶液，計時並每隔 5 或 10 秒觀察記錄所產生清潔劑泡沫的體積，以測定 H_2O_2 的平均分解速率 (mL/s)，如相片三所示。



相片三：觀察記錄所產生清潔劑泡沫的體積

3. 待反應完全、清潔劑泡沫較為消泡後，以點著的線香，快速地垂直插入量筒中的氣泡內，觀察記錄線香燃燒情形，並判斷分解反應所產生氣體的性質，如相片四所示。



相片四：線香垂直插入量筒泡沫內

- 以毛刷刷洗量筒，改為加入 1 mL 的 2.0 M 碘化鉀，並重新取 3 滴洗碗精，再加入 5 mL 過氧化氫溶液後，迅速搖動量筒以混合，計時並觀察記錄 H_2O_2 分解速率，如相片五所示。待泡沫鬆散時再插入線香，觀察記錄線香燃燒情形。



相片五：1 mL 的 KI 催化過氧化氫分解

- 刷洗量筒，改變觸媒用量（如改用 2 mL 的 KI 或 0.2 g 的 MnO_2 ），比較 H_2O_2 分解速率。

二、過氧化氫分解反應—生物觸媒

- 以剪刀，剪裁豬肝為大小面積約相等的三小片，如相片六所示。於 50 mL 量筒中加入一小薄片新鮮豬肝，再依序加入 3 滴洗碗精和 5 mL 過氧化氫溶液。觀察記錄 H_2O_2 分解使清潔劑泡沫產生的速率。



相片六：新鮮豬肝裁剪為大小面積約相等的三小片

- 於蒸發皿中倒入適量液態氮，再取一小薄片新鮮豬肝置於其中，讓豬肝急速冷凍，如相片七所示。以鑷子夾取豬肝置於 50 mL 量筒中，再依序加入 3 滴洗碗精和 5 mL 過氧化氫溶液，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。



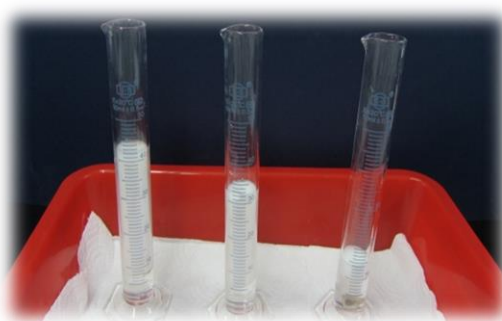
相片七：液態氮急速冷凍新鮮豬肝

3. 取一小薄片豬肝，放置於 100 mL 燒杯的沸水中，加熱至豬肝變色完全煮熟，如相片八所示。以鑷子夾取豬肝，放置於 50 mL 量筒中，再依序加入 3 滴洗碗精和 5 mL 過氧化氫溶液，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。



相片八：沸水加熱煮熟新鮮豬肝

4. 於 50 mL 量筒中加入 2 滴自豬肝流出的血水，再依序加入 3 滴洗碗精和 5 mL 過氧化氫溶液，觀察記錄 H_2O_2 分解速率。比較豬血水與豬肝的催化效應，如相片九所示。



相片九：比較豬血水與豬肝的催化效應

■ 注意事項

- 為避免照光分解，2.0 M KI 必須存放於茶色瓶或於瓶身包覆鋁箔紙。
- 3% 過氧化氫溶液必須新鮮配製，使用後冷藏，以避免自然分解而降低濃度，造成分解反應效果不佳。

- 各相態觸媒盡量保持垂直加入，避免碰觸量筒壁而導致未與反應物反應。
- 加入洗碗精後過氧化氫水溶液後，應盡快水平旋轉搖動量筒以均勻混合溶液。
- 線香插入量筒測試氣體性質的最佳時機是，等待過氧化氫分解反應完且等到清潔劑泡沫鬆散時，再垂直插入到清潔劑泡沫約 1/3 位置；避免插入太深或觸碰到液體導致線香熄滅。
- 線香點燃的時機是在要用時才點燃，避免空燒而使實驗室蓄積煙霧。
- 實驗過程中豬肝和豬血水宜放置於冰浴中冷藏，避免天熱時發臭變質。
- 新鮮豬肝和豬肝血水加入後反應極快，應盡快觀察，否則易錯過體積記錄時間。
- 實驗使用過的豬肝應煮熟與其他相關耗材（如夾鏈袋）等盡速集中處理，避免棄置在實驗室中而發生惡臭。
- 液態氮溫度極低，操作時應穿戴麻布手套以避免凍傷。

■ 參考資料

1. 酵素化學實驗，<http://juang.bst.ntu.edu.tw/BCbasics/Enzyme12.htm>。
2. Chang, R. & Kenneth, K. A., *Chemistry*; 11th ed., McGraw Hill Co, New York, (2013), pp. 598.
3. 臺灣大學化學系，《普通化學實驗》初版，民國 104 年 9 月，臺大出版中心：臺北。

■ 結果與討論

日期：_____；時間：_____；組別：_____；學號：_____；姓名：_____

一、過氧化氫分解反應—異相與均相觸媒

觸 媒	項 目	每 10 秒記錄一次體積至 50 mL								平均速率 (mL/s)
		0	10	20	30	40	50	60	70	
(1) _____g MnO ₂	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									
(2) _____g MnO ₂	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									
(3) _____mL KI(aq)	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									
(4) _____mL KI(aq)	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									

(在此寫出實驗討論)

二、過氧化氫分解反應—生物觸媒

觸 媒	項 目	每 10 秒記錄一次體積至 50 mL								平均速率 (mL/s)
		0	10	20	30	40	50	60	70	
(1) 新鮮豬肝	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									

(2) 冷凍豬肝	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									
(3) 煮熟豬肝	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									
(4) 豬血水	時間 t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	
	量筒 V (mL)									
	氣體 V (mL)									

(在此寫出實驗討論)

實驗設計：趙益祥、佘瑞琳，臺灣大學化學系。

資料來源：《臺灣化學教育》(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)，第二十三期。