

投稿類別:化學類

篇名:蘋果和鐵都會生鏽嗎?  
(不同液體對蘋果和鐵的氧化作用之影響)

作者:

張宇帆。市立石碇高中。高二 3 班  
葉采如。市立石碇高中。高二 3 班  
曾琬婷。市立石碇高中。高二 3 班

指導老師:張均瑋老師

## 壹●前言

若將蘋果擺在空氣中較長一段時間，蘋果會變成褐色，就像鐵生鏽一樣，所以蘋果和鐵一樣「生鏽」了嗎？吃蘋果前，常會先將蘋果浸泡鹽水，希望能夠預防蘋果變色，那為何在海中行進的船隻，船身的鐵泡浸在鹽水裡，反而更容易生鏽氧化呢？除了鹽水之外，其他的液體對氧化反應又有怎樣的影響？

為了探究上述問題，我們將蘋果與鐵分別置於不同的液體中，比較它們在不同液體中氧化的情形，並且以空氣中的蘋果與鐵作為對照組，觀察哪些液體有促進或抑制氧化反應的效果。

## 貳●正文

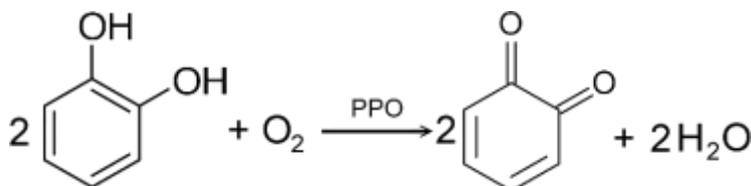
### 一、蘋果氧化-褐變

許多瓜果切開後置於空氣中，會漸漸轉為黃棕色，這種現象在食品科學稱為「褐變」(browning)。

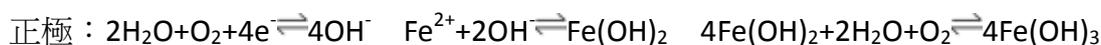
褐變的原因分為酵素性褐變(enzymatic browning)與非酵素性褐變(non-enzymatic browning)，前者發生極快，蘋果的褐變就屬於這一類。蘋果褐變是酵素作用的結果，引發褐變的酵素總稱為「多酚氧化酵素(polyphenol oxidase)」，酵素作用的對象是果實中一些多酚類的成分。

當蘋果整顆完好的時候，多酚氧化酵素和多酚類被細胞的結構分隔，所以不會發生反應；當果實經過切開的時候，細胞結構損壞，整個細胞接觸到氧氣，且多酚氧化酵素和酚類化合物(如兒茶酚,單寧,花青素,酪氨酸,綠原酸等)有接觸的機會，則氧化過程得以進行，多酚類變成醌類(quinones)，醌類再進一步聚合成褐色的色素，我們就看見蘋果變褐色了。(註一)

圖一、酚類與氧氣反應，變成鄰二酚類。(註二)



鐵的生鏽，多半為吸氧腐蝕，大多發生在處於潮濕的環境中不純的鐵。在潮濕的環境中，不純的鐵形成了無數個微小的原電池。



同樣是表面接觸空氣所產生的氧化作用，切開的蘋果變褐色是多酚類發生氧化的結果，

看起來像生鏽，卻跟金屬類（尤其是鐵）的生鏽原理大不同，鐵的氧化純粹是無機的氧化還原，並未牽連到有機。

## 二、實驗方法

### 1. 實驗目的

將蘋果和鐵放入各種液體裡，測量其氧化程度。

### 2. 實驗原理

#### (1). 鐵的氧化

我們選用鋼絲絨作為實驗用的鐵，浸泡在不同的液體中兩天，接著利用草酸清除已經氧化的鐵： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-} \downarrow + 6\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ ，再將鋼絲絨乾燥後秤重，以測定未氧化的鐵的質量

#### (2). 蘋果的氧化

將蘋果切片，利用蘋果氧化產物鄰苯醌(1,2-苯醌)的性質：鄰苯醌(1,2-苯醌)會被碘化鉀還原成 1,2-苯二酚，1,2-苯二酚形成後碘化鉀會變成  $\text{I}_2$ ，再利用澱粉作為指示劑，但由於所產生的 1,2-苯醌量過少，因此無法以滴定法定量，故我們測其反應使澱粉呈藍色所需時間，作為判斷氧化發生難易程度的標準。

### 3. 實驗設計

本實驗總共選用了 6 個變因

**變因1:** 水的有無：不泡水、泡水

**變因2:** 不同濃度的鹽水：10%、20%、飽和

**變因3:** 相同陰離子( $\text{SO}_4^{2-}$ )+不同陽離子( $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ )

**變因4:** 相同陽離子( $\text{K}^+$ )+不同陰離子( $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{MnO}_4^-$ )

**變因5:** 酸與鹼：HCl、NaOH

**變因6:** 不同有機物： $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ 、 $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ 、 $\text{C}_6\text{H}_{14}$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$

### 4. 實驗材料

燒杯、量筒、玻棒、鎳子、秤、蘋果、鋼絲絨(Fe)、蒸餾水( $\text{H}_2\text{O}$ )、氯化鈉(NaCl)、硫酸鉀( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )、硫酸鎂( $\text{MgSO}_4$ )、硫酸銅( $\text{CuSO}_4$ )、硫酸鋅( $\text{ZnSO}_4$ )、硫酸鐵( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ )、硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )、氯化鉀(KCl)、過錳酸鉀( $\text{K}_2\text{MnO}_4$ )、氫氧化鈉(NaOH)、乙醇( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )、乙醚( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ )、丙酮( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )、乙酸乙酯( $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ )、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ (甲苯)、正己烷( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )、草酸( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )、澱粉、碘化鉀(KI)

### 5. 實驗步驟

- (1). 除了食鹽外，其餘皆使用重量百分濃度 10% 的溶液，食鹽則配置 10%、20%、飽和；無機物實驗配置 30 ml，有機物則配置 10 ml。
- (2). 秤取 0.5 克的鋼絲絨；蘋果切成薄片

蘋果和鐵都會生鏽嗎?

- (3). 鋼絲絨泡入不同液體中 2 日，蘋果則泡入 5 分鐘
- (4). 取出蘋果，滴上碘化鉀和澱粉液各兩滴後靜置，並計時
- (5). 記錄蘋果表面出現藍色物質所需時間
- (6). 取出鋼絲絨用草酸去除氧化鐵，再用蒸餾水洗滌後烘乾，記錄剩餘鋼絲絨的質量

參●結論

一、研究結論

1. 實驗結果

鋼絲絨原重為 0.50 g，以下單位皆為克

變因1: 水的有無:

		不泡水	泡水
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量	0.50	0.37
	氧化的質量	0.00	0.13
蘋果	氧化所需時間	< 5'	9'46''

變因2: 不同濃度的鹽水

		0%NaCl	10%NaCl	20%NaCl	飽和 NaCl
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量	0.37	0.41	0.47	0.48
	氧化的質量	0.13	0.09	0.03	0.02
蘋果	氧化所需時間	9'46''	31'33''	65'24''	103'27''

圖 1 水和鋼絲絨



圖 2 10%鹽水和鋼絲絨



圖 3 20%鹽水和鋼絲絨



圖 4 30%鹽水和鋼絲絨



**變因3: 陽離子**

(1). 比較陰離子皆為硫酸根( $\text{SO}_4^{2-}$ )，但陽離子不同的溶液

$\text{SO}_4^{2-}$		$\text{K}^+$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$
		$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{MgSO}_4$	$\text{CuSO}_4$	$\text{ZnSO}_4$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量	0.50	0.23	0.57	0.43	0.03
	氧化的質量	0.00	0.27	+0.07	0.07	0.47
蘋果	氧化所需時間	26'18''	10'02''	2'14''	8'01''	2'12''

註:硫酸銅和鐵發生反應，鋼絲絨被鍍上了銅，因此變重

圖 5  $\text{K}_2\text{SO}_4$  和鋼絲絨



圖 6  $\text{MgSO}_4$  和鋼絲絨



圖 7  $\text{CuSO}_4$  和鋼絲絨



圖 8  $\text{ZnSO}_4$  和鋼絲絨

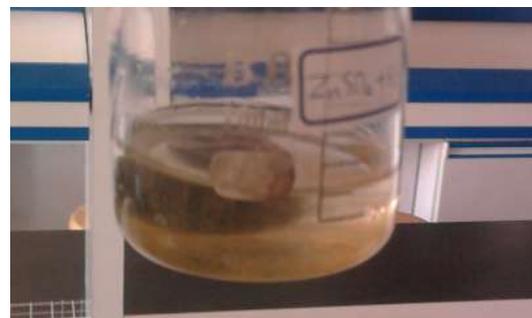
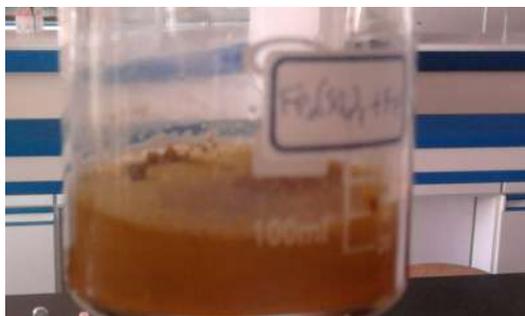


圖 9  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  和鋼絲絨



蘋果和鐵都會生鏽嗎?

(2). 比較陰離子皆為氯離子( $\text{Cl}^-$ )，但陽離子不同的溶液

		$\text{Cl}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{H}^+$
			NaCl	KCl	HCl
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量		0.41	0.40	0.00
	氧化的質量		0.09	0.10	0.50
蘋果	氧化所需時間		31'33''	22'28''	7'12''

#### 變因4: 陰離子

(1). 比較陽離子皆為鉀離子( $\text{K}^+$ )，但陰離子不同的 10%溶液

		$\text{K}^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-}$
			$\text{KNO}_3$	KCl	$\text{K}_2\text{MnO}_4$	$\text{K}_2\text{SO}_4$
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量		0.39	0.40	0.50	0.50
	氧化的質量		0.11	0.10	0.00	0.00
蘋果	氧化所需時間		11'12''	22'28''	5'23	26'18''



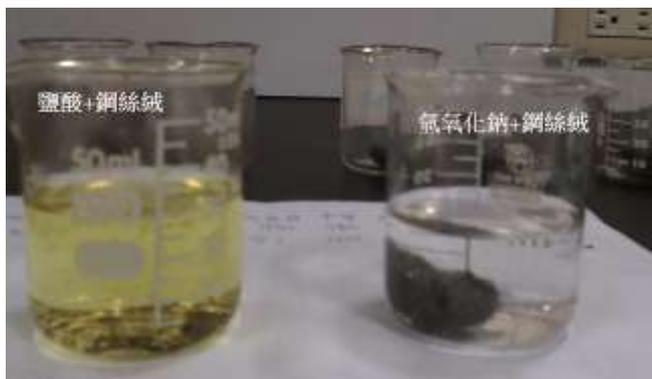
(2). 比較陽離子皆為鈉離子( $\text{Na}^+$ )，但陰離子不同的 10%溶液

		$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{OH}^-$
			NaCl	NaOH
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量		0.41	0.50
	氧化的質量		0.09	0.00
蘋果	氧化所需時間		31'33''	14'20''

蘋果和鐵都會生鏽嗎?

變因5: 酸與鹼

10%溶液		酸	鹼
		HCl	NaOH
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量	0.00	0.50
	氧化的質量	0.50	0.00
蘋果	氧化所需時間	7'12"	14'20"



變因6: 有機物

官能基		羥基	烷氧基	羰基	烴基	苯基	羧酯基
		乙醇	乙醚	丙酮	正己烷	甲苯	乙酸乙酯
		C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
鐵 (鋼絲絨)	未氧化的質量	0.44	0.29	0.39	0.49	0.49	0.50
	氧化的質量	0.06	0.21	0.11	0.01	0.01	0.00
蘋果	氧化所需時間	7'44"	21'45"	7'58"	15'39"	7'48"	9'15"

## 2. 結論

- (1). 泡水易使鐵氧化，但可以短暫地抵抗蘋果氧化
- (2). 鹽水是可以促進鐵氧化的液體，但隨著鹽水濃度的增加，氧化速率會變慢；而鹽水是可以抑制蘋果氧化的液體，鹽水濃度愈高，抑制蘋果氧化的效果愈好。
- (3). 陽離子防止鐵氧化的能力排序為： $K^+ > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Mg^{2+} > Fe^{3+}$   
陽離子防止蘋果氧化的能力排序為： $K^+ > Mg^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Fe^{3+}$
- (4). 鈉鹽和鉀鹽比較，鉀鹽阻隔蘋果氧化的能力較差，因此在防止蘋果氧化時盡量不要使用『低鈉鹽』，也就是含鉀較多的鹽。
- (5). 對鐵和蘋果而言，硝酸鹽有較強的抗氧化能力
- (6). 對鐵和蘋果而言，酸性加速氧化，鹼性防止氧化
- (7). 在有機液體中，醇類對蘋果有較強的抗氧化能力，但對鐵較差；而醇類、苯、和酯類可以防止鐵氧化，但乙醚會讓鐵加速氧化
- (8). 酯類、苯類、過錳酸鹽、鉀離子、鹼性物質皆可防止鐵氧化
- (9). 水、硝酸鹽、鹽水、酮類、醇類、鹼性物質皆可防止蘋果氧化
- (10). 蘋果在銅離子或鐵離子溶液中會快速氧化
- (11). 防止鐵氧化的能力排序為：水 > 鉀離子 > 銅離子 > 鹼性物質 > 酯類 > 烴類 > 苯類 > 飽和食鹽水 > 20% 鹽水 > 醇類 > 鋅離子 > 10% 食鹽水 > 酮類 > 醚類 > 鎂離子 > 鐵離子 > 酸
- (12). 防止蘋果氧化的能力排序為：飽和食鹽水 > 20% 鹽水 > 10% 鹽水 > 鉀離子 > 氯離子 > 醚類 > 烴類 > 鹼性物質 > 硝酸鹽 > 鎂離子 > 水 > 酯類 > 鋅離子 > 酮類 > 苯類 > 醇類 > 酸

## 3. 問題討論

- (1). 我們觀察到泡在硫酸銅溶液中的鋼絲絨會變重，是因為鋼絲絨表面被鍍上銅，導致質量增加。
- (2). 用草酸去除鐵鏽後，再使用吹風機乾燥，測量質量就可以得知未氧化的鋼絲絨質量，但我們發現吹風機的高溫，會使鋼絲絨在乾燥的過程中發生氧化，這問題可作為未來改進實驗的方向。
- (3). 原本希望使用碘化鉀滴定蘋果氧化後產生的 1,2-苯醌，但因所產生的 1,2-苯醌過於微量，所以無法滴定，因此我們改用測量蘋果開始氧化所需的時間，來決定蘋果氧化的難易。

## 肆●引註資料

註一 遠哲科學教育基金會發現月刊第 123 期－蘋果不會生鏽／陳偉民

註二 [http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Apple\\_oxide.png](http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Apple_oxide.png)

註三 《化學 必修 2》.人民教育出版社.2007 年 3 月第 3 版.第四章 化學與自然資源的開發利用

註四 遠哲科學教育基金會發現月刊第 124 期－再談蘋果不會生鏽 / 陳偉民