

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

投稿類別：化學類

篇名：

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

作者：

詹勳惟。大園國際高中。高三八班

張延爭。大園國際高中。高三八班

指導老師：

詹子瑩老師

## 壹●前言

陽光、空氣和水是生存的三要素，不論是食、衣、住、行，水在我們生活之中佔有很重要的角色。水佔人體的70%，更是人體不可或缺的重要物質。但是，我們生活中的飲用水真的安全嗎？根據研究顯示，水中的氯含量正常值應在0.2 ppm以下，每增加0.1 ppm就會增加38%的致癌率<sup>[1]</sup>。然而，將平常所使用的自來水以餘氯檢測液檢測，當中的餘氯含量竟然超過了0.6 ppm，此數據相當驚人，看似透明乾淨的自來水其實隱藏很大的「餘氯」危機。為此，我們希望能夠把這個危害降到最低，讓我們的生活更加美好！飲用水的把關非常重要，才能喝的無憂無慮(氯)。

## 貳●正文

### 一、研究動機

得知水中的餘氯會對人體健康造成傷害<sup>[1]</sup>，為了能夠讓喝水可以更安心，就決定往這方面來著手。在蒐集資料過程中，看到網路上的一則報導指出，清洗水果時，水中的餘氯可能會被果皮吸附<sup>[2]</sup>，覺得很好奇。希望透過本實驗計畫，探究出我們生活中潛藏的危機，並達到改善生活用水的目的。

### 二、研究目的

設計實驗證實果皮去除水中餘氯的可行性，進一步使用滴定法定量分析，更精確測得水中餘氯的含量。同時靈機一動想看看可不可以利用果皮去除水中餘氯的概念，設計淨化飲用水的裝置，或是進一步找出其他具有相同功能的物質或方法替代果皮。

### 三、藥品及器材

表一：藥品及器材

藥品/器材名稱	數量	功用
餘氯檢測液	一瓶	檢測水中是否含氯
透明塑膠杯	數個	盛裝容器（方便觀察）
果皮（蘋果，橘子，檸檬）	各一個	減少水中氯含量
滴管	數支	吸取少量液體
硝酸銀（ $10^{-2}$ M $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ ）	1 L	滴定用
碳酸鈉（飽和 $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ）	240 mL	滴定用
氯化鈉（ $10^{-3}$ M $\text{NaCl}(\text{aq})$ ）	1500 mL	滴定用
滴定管	1支	滴定用

分度吸量管（5 mL）	1支	精確量取液體體積
容量瓶（500 mL/1 L）	數個	配製稀釋溶液
燒杯	數個	配置溶液
錐形瓶	數個	滴定反應用

### 三、研究過程

#### （一）定性分析—餘氯檢測液方法

這個方法主要測試果皮能否吸附氯，並且大略估算水中的餘氯濃度。先以市面上的餘氯檢測液（圖一）來檢測未經處理之自來水中的餘氯濃度，做為對照組，再依序用果皮（蘋果、橘子、檸檬）過濾自來水，檢測水中的餘氯濃度作為實驗組。比較水中餘氯含量之差異。

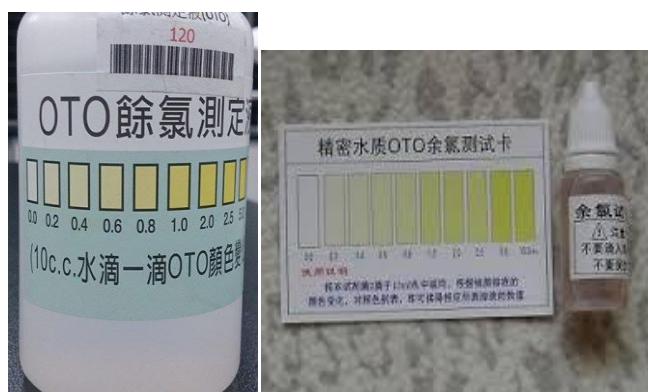
##### 1. 檢測步驟：

- (1) 由塑膠杯分別裝入自來水以及經由果皮過濾後的水各50毫升。
- (2) 將5滴的餘氯檢測液分別滴入塑膠杯中，並等待溶液變色。
- (3) 由餘氯檢測液上的濃度比照表來大略估計濃度。

##### 2. 檢測結果：

如圖二所示，相對比較餘氯檢測液上的濃度比照表後可以得知自來水中的餘氯濃度 1 ppm以上，而經果皮過濾後的水餘氯濃度大約降至0.5 ppm，(取等重量的果皮過濾，其中又以蘋果除氯的效果是最好的。)

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？



圖一 餘氯檢測液



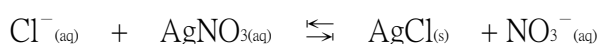
圖二 檢測結果

## (二) 定量分析—滴定方法

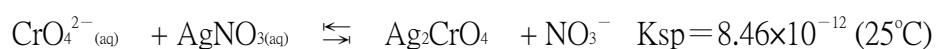
### 1. 原理：

一般常用檢測水中餘氯的方法是使用鉻酸銀來當指示劑，原理如下<sup>[3]</sup>：

(1) 水中之氯離子與硝酸銀反應生成氯化銀的白色沉澱。



(2) 水中加入 $\text{K}_2\text{CrO}_4$ 時，硝酸銀也會與 $\text{CrO}_4^{2-}$ 生成 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ 的紅棕色沉澱，但是因為 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ 的溶度積常數 $K_{\text{sp}}$ 相對較大，所以只有當水中的氯離子消耗殆盡時才會有紅棕色沉澱產生，因此可用 $\text{K}_2\text{CrO}_4$ 作為指示劑。



但是基於綠色化學減量減廢的概念，盡量避免使用毒性重金屬化學物質。因此尋找其他指示劑替代鉻酸鉀。查詢溶度積常數的資料<sup>[4]</sup>後發現，25℃時，碳酸銀的

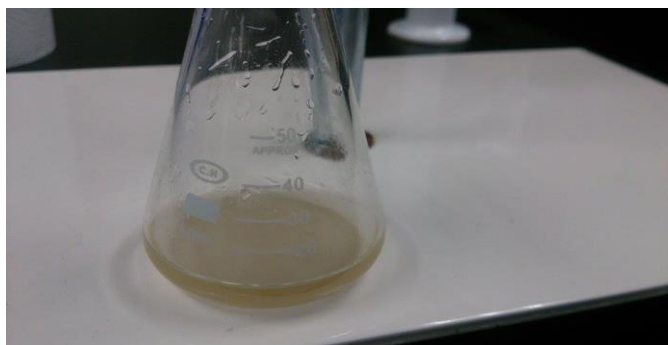
多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

$K_{sp}=8.46\times 10^{-12}$ ，與 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ 的溶度積常數 ( $K_{sp}=8.46\times 10^{-12}$ ) 相近，因此，推論可以以碳酸鈉取代鉻酸鉀作為指示劑，利用相同的原理進行滴定。使用硝酸銀滴定氯離子時，會產生氯化銀沉澱，而由於碳酸銀的 $K_{sp}$ 比氯化銀略大，當水中的氯離子用盡時，才會產生碳酸銀沉澱（圖三），又因碳酸銀為灰黑色便於觀察且不具毒性，所以嘗試選用碳酸鈉作為指示劑。（放滴定後先氯化銀碳酸銀沉澱，圖）

## 2. 實驗流程：

配製 $10^{-2}$  M硝酸銀水溶液，並以 $10^{-3}$  M的氯化鈉水溶液作為標準液，標定硝酸銀的濃度。由餘氯檢測液的檢驗方法中，我們可以大略估計自來水中氯離子的濃度大約是0.5 ppm（體積莫耳濃度 $C_M=1.4\times 10^{-5}$  M），果皮過濾後的水中餘氯含量甚至低於0.1ppm，而滴定管的有效刻度為0.1 mL，若滴定液的體積用量小於0.1 mL時，滴定結果數據的可信度將大大降低。因此放大試樣取量，取500 mL試樣加入25 mL飽和碳酸鈉水溶液進行滴定實驗，才能測得較準確且可信任的數據。

- (1) 配製 $10^{-2}$ M的硝酸銀水溶液置入滴定管內。
- (2) 配製 $10^{-3}$ M的氯化鈉水溶液取 500mL置入錐形瓶內。
- (3) 加入碳酸鈉於步驟二的錐形瓶內，直到達飽和。
- (4) 開始滴定並觀察顏色的變化，記錄硝酸銀溶液用量。



圖三 碳酸銀沉澱

## 3. 實驗記錄：（溫度：25°C；指示劑：飽和 $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ 25 mL）

### 一、標定 $[\text{AgNO}_{3(\text{aq})}]$

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

標準液： $[\text{NaCl}] = 1.00 \times 10^{-3} \text{ M}$ ，500 mL；

空白實驗：蒸餾水500 mL

表二 標定 $[\text{AgNO}_3]$

	$[\text{AgNO}_3]$	第一次	第二次	第三次
標準液	用量(mL)	49.81	47.66	49.96
空白實驗	用量(mL)	0.52	0.27	0.32
	$[\text{AgNO}_3] \text{ (M)}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$1.05 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-2}$
	$[\text{AgNO}_3]$ 平均濃度(M)	$1.016 \times 10^{-2}$		

表二 標定 $[\text{AgNO}_3]$

	第一次	第二次	第三次
初始刻度	0.02	0.22	0.00
最終刻度	49.83	47.68	49.96
滴定用 $[\text{AgNO}_3]$ 體積	49.81	47.46	49.96
$\text{Cl}^-$ 濃度	0.0100	0.0105	0.0100
$[\text{Cl}^-]$ 平均濃度(M)	0.01016		

二、測定自來水中氯離子的濃度

滴定液： $[\text{AgNO}_{3(\text{aq})}] = 0.01 \text{ M}$

自來水：500 mL；

指示劑：飽和 $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$  25 mL

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

表三：滴定自來水中氯離子濃度

	第一次	第二次	第三次
所用{AgNO <sub>3</sub> }體積(mL)	4.00	4.40	4.5
Cl <sup>-</sup> 濃度(M)	8.00×10 <sup>-5</sup>	8.80×10 <sup>-5</sup>	8.90×10 <sup>-5</sup>
[Cl <sup>-</sup> ]平均濃度(M)	8.56×10 <sup>-5</sup>		

### 三、經不同果皮過濾後的水

滴定液：[AgNO<sub>3(aq)</sub>]=0.01 M

自來水經果皮（重量各10 g）過濾後：500 mL；

指示劑：飽和Na<sub>2</sub>CO<sub>3(aq)</sub> 25 mL

表四 蘋果皮過濾水

	第一次	第二次
所用[AgNO <sub>3</sub> ]體積(mL)	1.09	0.86
Cl <sup>-</sup> 濃度(M)	2.18×10 <sup>-5</sup>	1.72×10 <sup>-5</sup>
[Cl <sup>-</sup> ]平均濃度(M)	1.95×10 <sup>-5</sup>	

表五 經檸檬過濾後的水

	第一次	第二次
所用{AgNO <sub>3</sub> }體積(mL)	1.60	1.39
Cl <sup>-</sup> 濃度(M)	3.2×10 <sup>-5</sup>	2.78×10 <sup>-5</sup>
[Cl <sup>-</sup> ]平均濃度(M)	2.99×10 <sup>-5</sup>	

多喝水，「果」然一無憂無「氯」？

表六 經橘子過濾後的水

	第一次	第二次
所用{AgNO <sub>3</sub> }體積	1.65	1.32
Cl <sup>-</sup> 濃度(M)	3.3×10 <sup>-5</sup>	2.64×10 <sup>-5</sup>
[Cl <sup>-</sup> ]平均濃度(M)	2.97×10 <sup>-5</sup>	

表七 果皮除氯效果比較

	自來水	經蘋果過濾後的水	經檸檬皮過濾後的水	經橘子皮過濾後的水
[Cl <sup>-</sup> ](M)	8.56×10 <sup>-5</sup>	1.95×10 <sup>-5</sup>	2.99×10 <sup>-5</sup>	2.97×10 <sup>-5</sup>

#### 四、實驗結果

利用餘氯檢測液發現自來水經由果皮過濾後，水中的餘氯部分可以被果皮吸收，顏色有明顯變化。進一步由滴定實驗可以得知水中餘氯的濃度由0.6 ppm降低至0.5 ppm，……………綜合以上的實驗結果，表示果皮確實可使水中的餘氯減少，(取等重量的果皮過濾，其中又以蘋果除氯的效果是最好的。)我們也已經清楚的了解自來水中的氯已經超標，而利用隨手可得的果皮回收再利用，即可輕易去除水中的餘氯。

#### 參●結論

利用隨手可得的果皮回收再利用，可輕易去除水中的餘氯，兼具環保與健康，一舉數得。可降低食用到不乾淨或有餘氯殘留的水，現在食安問題嚴重，因此國人的健康受到嚴重的威脅，不單單是我們的飲食日常生活中擁有危害人體的因素充斥著整生活圈，想辦法去降低傷害，並也不危害地球環境，達到雙贏的效果，或許只是小舉動，卻讓生活更安全健康，人們應該要為自己的飲食安全性多費心思，以保有健康又快樂的生活！

#### 肆●引註資料

1. 楊家瑜(2008)。高級淨水程序消毒副產物之生成研究。國立中山大學環境工程研究所。
2. 黃經良(譯)(2004)。圖解化學辭典。台北市：天下文化出版社。



多喝水，「果」然—無憂無「氯」？

3. 謝榮忠(2012)。 <http://www.docin.com/p-425140403.html>。
4. 基礎化學(三)。龍騰出版社