

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031629

生石頭??－草酸鈣結石溶解度的探討

學校名稱：臺南縣立南新國民中學

作者： 國二 王玟婷 國二 邱泰樺 國二 顏齊儀 國二 蕭舒謙	指導老師： 陳怡仲
---	------------------

關鍵詞： 草酸鈣、EDTA 濃度、結石

生石頭??－草酸鈣結石溶解度的探討

摘要

實驗證實：富含草酸與鈣離子的食物共同食用，並不會增加體內產生結石的機率；在檸檬酸根與鉀離子出現時或加熱，皆會使草酸鈣的溶解度變大；在磷酸根離子出現時，會使沉澱量變多，增加結晶體的量。患有草酸鈣結石的病人，可服用含鉀離子、檸檬酸根離子的食品或是藥用抗壞血酸來預防結石生成；若多食用富含磷酸根的食物，會使鈣離子與磷酸根結合成磷酸鈣形成晶種，使結石產生機率上升。

壹、研究動機

一般坊間傳言，富含草酸的蔥、菠菜等植物和豆腐不可同時食用，否則易得草酸鈣結石。但從小到大吃了不少的麻婆豆腐，也同時吃了不少的菠菜和豆腐，卻不見有結石的病，且也常聽說飲食中多吃富含檸檬酸根和多吃低鈉鹽可防結石，但卻沒相關的研究數據。剛好二下理化又上到滴定的課程，因此引起我們利用滴定法來研究－草酸鈣－這個出現在國人結石患者中最多的結晶體，在各種不同狀況下的溶解度。

貳、研究目的

- 一、找出不同 pH 值對草酸鈣溶解度的影響
- 二、找出人體溫度下尿液 pH 值對草酸鈣溶解度的影響
- 三、可增加草酸鈣溶解度藥品的試驗
- 四、藥品應用在實際結石的狀況

參、研究設備與器材

- 一、藥品：草酸鈣、鹽酸（pH=1~pH=6）、氫氧化鈉（pH=8~pH=14）、檸檬酸鉀、磷酸鉀、氯化鉀、人體取出之草酸鈣結石、蒸餾水（pH=7）、羊毛鉻黑指示劑、檸檬、KHP、藥用抗壞血酸



二、 器材：燒杯、試管、定量瓶、吸量管、滴定管、錐形瓶、電磁爐、加熱板、離心機、電子天平、漏斗、相機



加熱裝置圖

肆、 研究過程與方法

一、 名詞定義

- (一)pH 值：鹼性液是用 KHP 標定後的氫氧化鈉溶液，之後再稀釋而得到的數值。酸性液是用標定過後的氫氧化鈉，再標定鹽酸溶液後，稀釋而得。
- (二)檸檬汁：新鮮檸檬榨汁後，離心後取出的上層液。
- (三)藥用抗壞血酸：此為醫生開給草酸鈣結石患者服用的藥物。

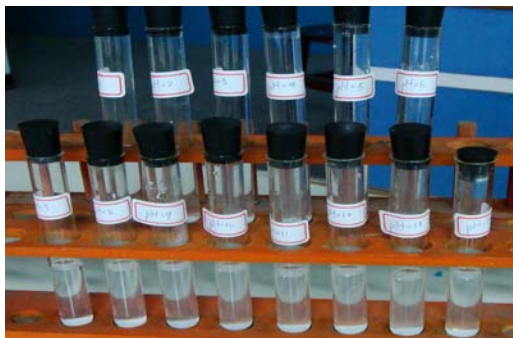
二、 實驗步驟與結果

【實驗一】室溫下不同酸鹼值對草酸鈣溶解度的影響

(一) 步驟：

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=1 溶液 10ml，搖動完後離心，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表一。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=1 換成 pH=2~pH=14 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖一。

(二) 研究結果



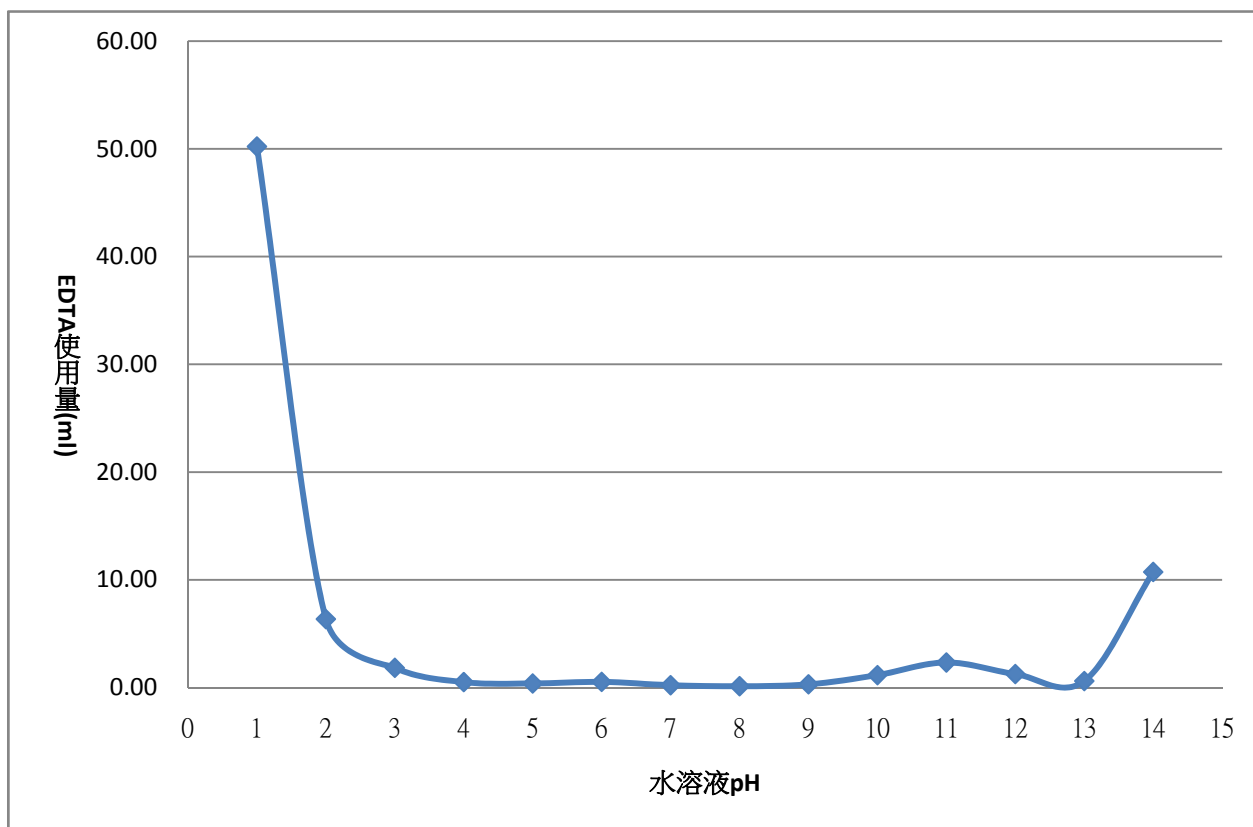
28°C pH=1~pH=14 草酸鈣水溶液



左邊為滴定終點（藍色），右邊為滴定前（紅色）

表一 室溫下不同酸鹼值對草酸鈣溶解度的影響

室溫 28°C，草酸鈣溶液取出之體積=5ml						
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值	
1	49.80	55.30	47.70	48.10	50.23	EDTA 濃度=0.01M
2	7.30	5.40	5.10	7.60	6.35	
3	1.00	1.50	1.30	3.50	1.83	
4	0.30	0.40	0.60	0.70	0.50	
5	3.90	3.10	3.40	4.60	0.38	EDTA 濃度=0.001M
6	4.50	6.40	4.40	5.50	0.52	
7	2.10	2.30	1.70	2.50	0.22	
8	1.60	1.10	0.70	1.30	0.12	
9	2.70	2.20	2.20	4.60	0.29	
10	9.80	10.70	13.70	11.80	1.15	
11	3.20	2.00	1.90	2.20	2.33	EDTA 濃度=0.01M
12	1.20	1.00	0.90	1.90	1.25	
13	0.50	0.70	0.60	0.60	0.60	
14	11.10	10.50	10.90	10.40	10.73	



圖一 室溫下不同酸鹼值與草酸鈣溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗一結果顯示在 $\text{pH}=1\sim\text{pH}=3$ 時，草酸鈣顯現出高溶解度的情況， $\text{pH}=4\sim\text{pH}=10$ 溶解度大幅降低， $\text{pH}=11$ 以上又大幅增加。由此可知富含草酸離子的食物與富含鈣離子食物共食的話，草酸鈣在胃中是屬於溶解的狀態，通過腸道時因為 pH 值的上升使得鈣離子與草酸根離子形成沉澱析出，與糞便混合，最後排出體外。因此推斷，富含草酸根離子的食物與富含鈣離子的食物共食，並不會使人得到結石的病，因為在腸道時草酸鈣已經和糞便混合了。但是如果單獨吃含高草酸食物，罹患結石的機率增加。且有實驗證實高鈣飲食的人，患結石的機率比低鈣飲食的人低。
2. $\text{pH}=5\sim\text{pH}=9$ 因為用濃度 0.01M 的 EDTA 滴一些就變色，所以更換 0.001M 的 EDTA 滴定。

【實驗二】37°C 下草酸鈣的溶解度

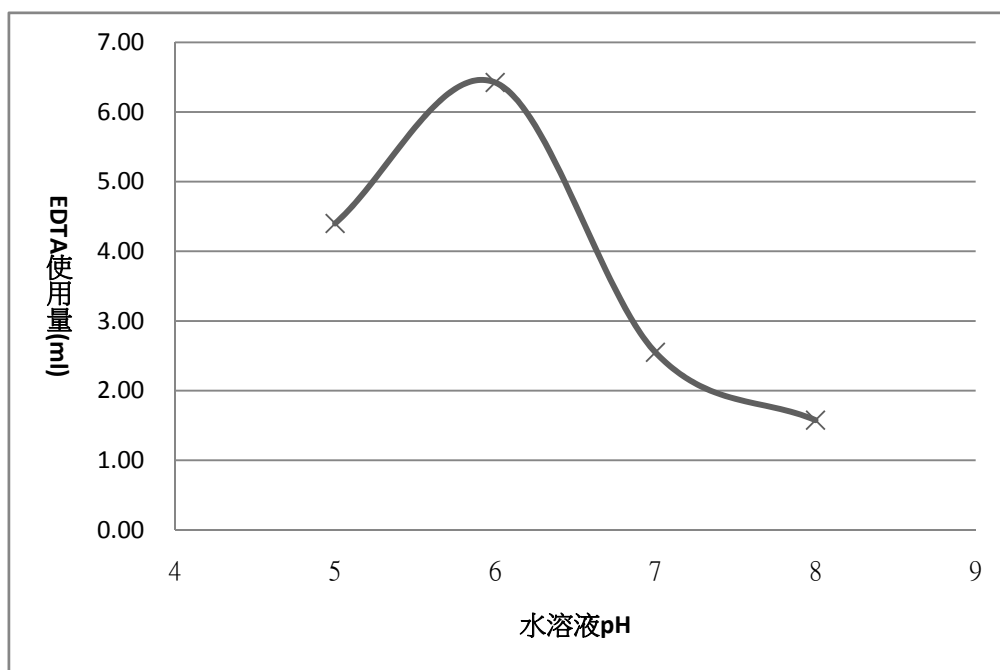
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37°C，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表二。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖二。

(二) 研究結果

表二 37°C 下不同酸鹼值對草酸鈣溶解度的影響

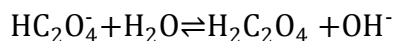
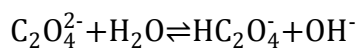
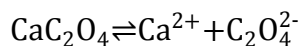
37°C，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	4.30	4.40	4.20	4.70	4.40
6	6.50	6.10	6.20	6.90	6.43
7	2.10	2.30	2.50	3.30	2.55
8	1.60	1.50	1.80	1.40	1.58



圖二 37°C 下不同酸鹼值與草酸鈣溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗二結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，酸性溶液中草酸鈣的溶解量比中性鹼性溶液的量大，與文獻顯示鹼性尿液且患結石病的病人所產生結石多為草酸鈣結石相吻合。草酸鈣溶液中會有以下反應存在：



在鹼性溶液中因 OH^- 的出現，會抑制 HC_2O_4^- 和 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的生成，因此使溶解度比酸性溶液小。

2. 實驗一與實驗二在 $\text{pH}=5\sim\text{pH}=8$ 的數據顯示，增加溫度可以增加草酸鈣的溶解量，第四十六屆科展－大力水手生病了-淺談草酸鈣沉澱，也證實溫度的增加可以增加草酸鈣的溶解量。如果不在意食物烹調後的營養價值的話，富含草酸的食物，於食用前先高溫川燙後，再行烹煮，可降低食入的草酸根離子。

【實驗三】檸檬酸鉀對草酸鈣溶解度的影響

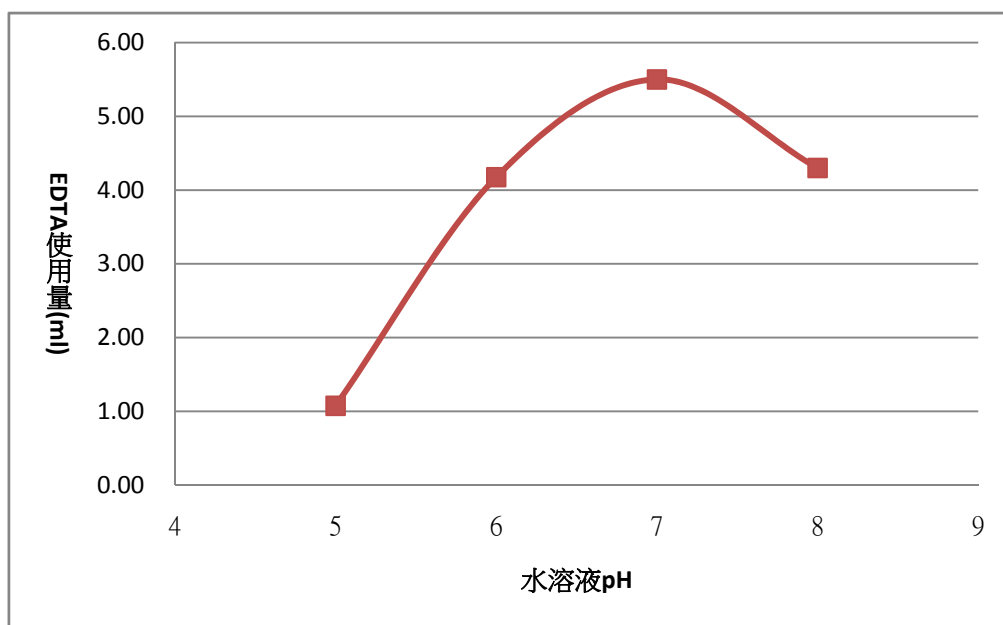
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 檸檬酸鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表三。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖三。

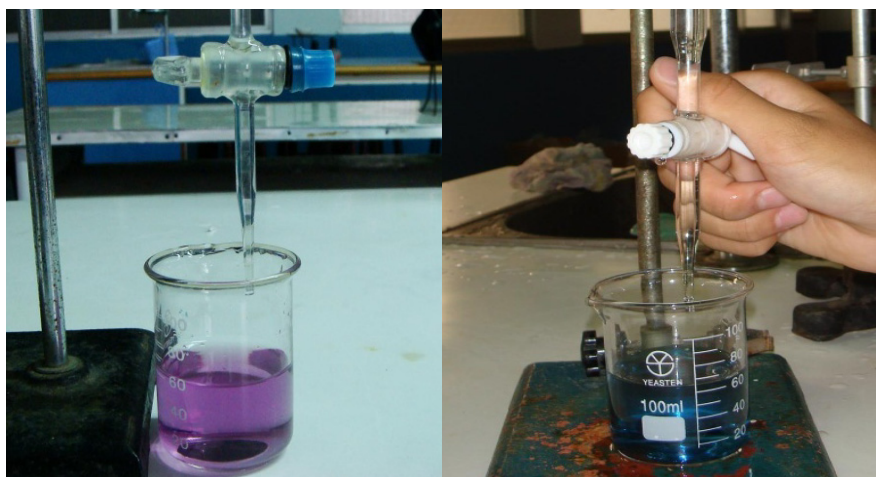
(二) 研究結果

表三 檸檬酸鉀對草酸鈣溶解度的影響

37℃，加入檸檬酸鉀 0.1g，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.01M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	1.20	1.00	1.10	1.00	1.08
6	4.10	4.50	4.20	3.90	4.18
7	5.80	5.10	5.60	5.50	5.50
8	4.00	4.40	4.60	4.20	4.30



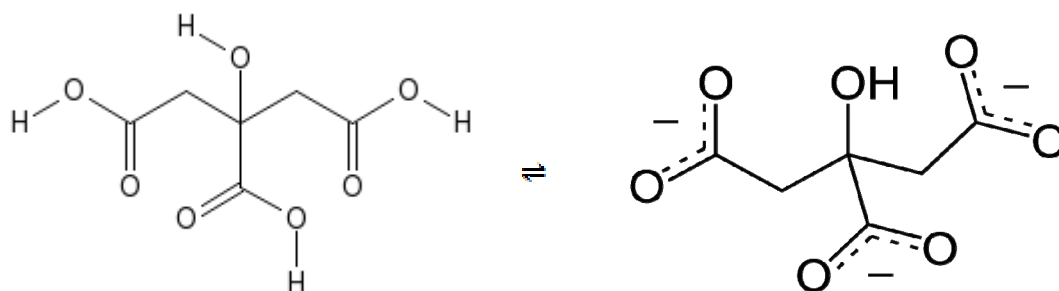
圖三 檸檬酸鉀與草酸鈣溶解度的關係圖



左圖為加入氯化鉀再加 EBT 的顏色（紫色）
右圖為滴定終點的顏色（藍色）

(三) 討論

- 實驗三結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的檸檬酸鉀，中性鹼性溶液中的草酸鈣溶解量比酸性的大，且數值都比實驗二的數值大，確實檸檬酸鉀可以增加草酸鈣的溶解量。檸檬酸會有以下的解離反應：



因解離所生成的檸檬酸根離子容易和鈣離子形成穩定的螯合物，因此可用來當作軟水劑使用。在酸性溶液中因 H^+ 會抑制檸檬酸根的生成，所以酸性溶液的草酸鈣溶解量會比較小。

【實驗四】磷酸鉀對草酸鈣溶解度的影響

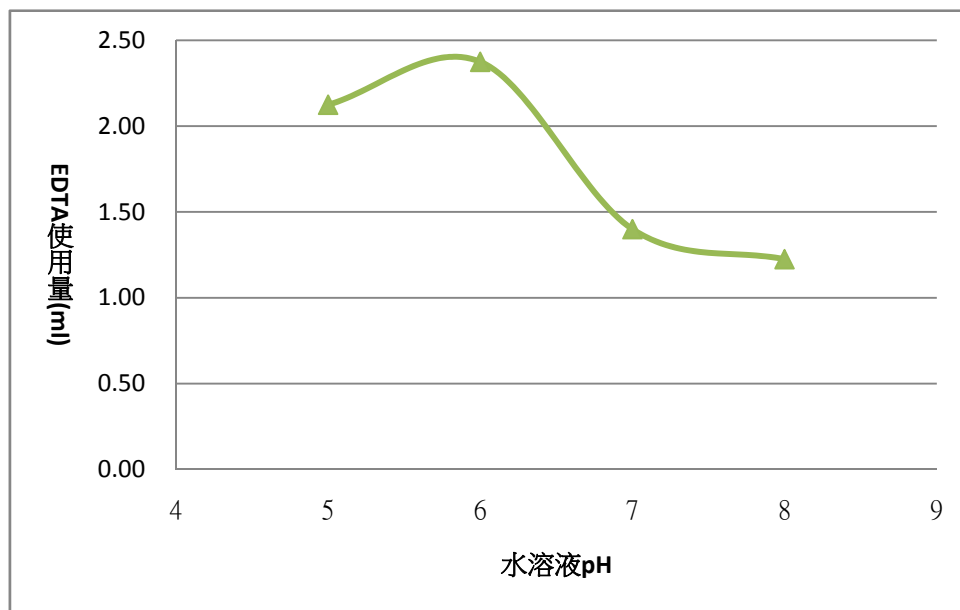
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 磷酸鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37°C，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表四。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖四。

(二) 研究結果

表四 磷酸鉀對草酸鈣溶解度的影響

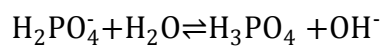
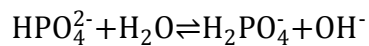
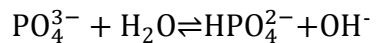
37°C，加入磷酸鉀 0.1g，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	2.20	2.70	1.70	1.90	2.13
6	2.00	2.10	3.00	2.40	2.38
7	1.40	1.10	1.50	1.60	1.40
8	1.50	1.30	0.90	1.20	1.23



圖四 磷酸鉀與草酸鈣溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗四結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的磷酸鉀，所有的鈣離子濃度皆變小，因為磷酸根與鈣離子的 K_{sp} 遠小於草酸根(單水草酸鈣 K_{sp} 是 2.57×10^{-9} ，磷酸鈣的 K_{sp} 2.07×10^{-33})，所以加入磷酸鉀會使鈣離子與磷酸根形成磷酸鈣沉澱，且磷酸根會有以下反應：



鹼性溶液會抑制 HPO_4^{2-} ， $H_2PO_4^-$ ， H_3PO_4 ，的生成，所以會使的鹼性溶液中的鈣離子濃度比酸性溶液中小。

【實驗五】氯化鉀對草酸鈣溶解度的影響

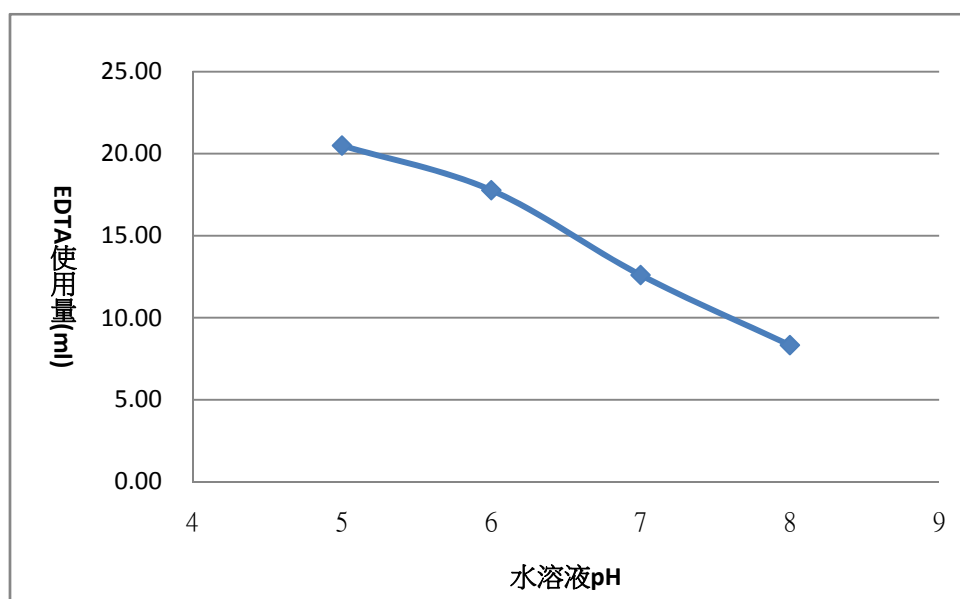
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 氯化鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表五。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖五。

(二) 研究結果

表五 氯化鉀對草酸鈣溶解度的影響

37℃，加入氯化鉀 0.1g，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	20.40	20.50	21.80	19.30	20.50
6	17.90	18.40	17.50	17.30	17.78
7	14.10	10.40	12.50	13.40	12.60
8	7.10	9.30	8.60	8.30	8.33



圖五 氯化鉀與草酸鈣溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗五結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的氯化鉀，所有鈣離子濃度皆增加，且酸性溶液中的溶解量比鹼性溶液中大。可見鉀離子可以增加草酸鈣的溶解量。但實驗四中因為有磷酸根離子的出現，造成有鉀離子的出現，但鈣離子濃度變低的現象。

【實驗六】檸檬汁對草酸鈣溶解度的影響

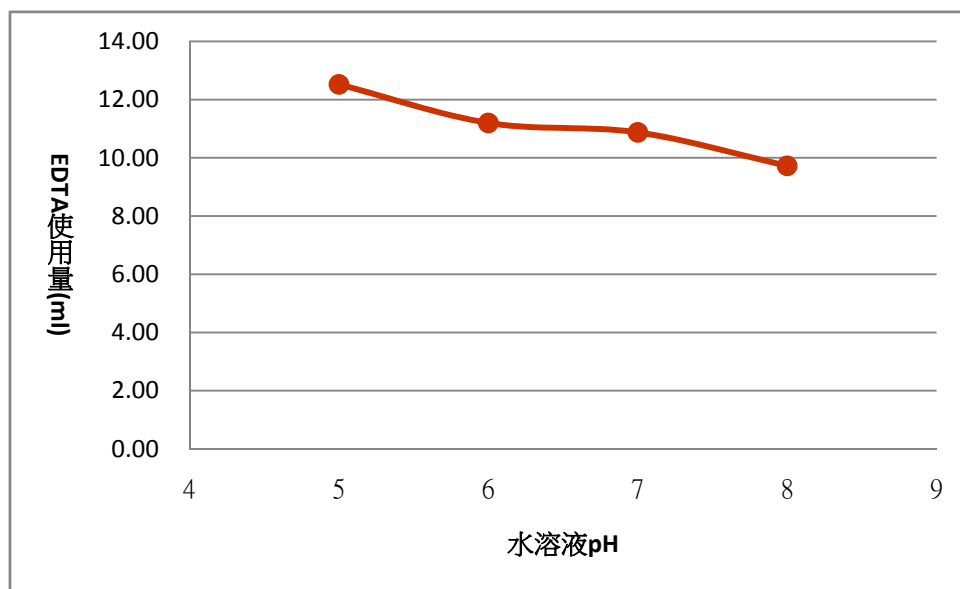
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1mL 檸檬汁，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛銻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表六。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖六。

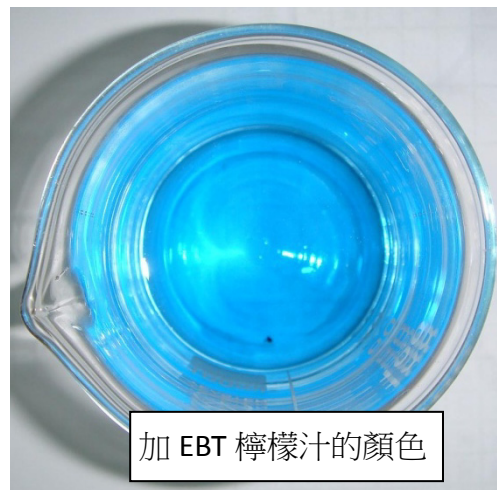
(二) 研究結果

表六 檸檬汁對草酸鈣溶解度的影響

37℃，加入檸檬汁 0.1ml，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	12.80	11.80	13.00	12.50	12.53
6	11.40	10.30	10.80	12.30	11.20
7	9.10	12.40	11.50	10.50	10.88
8	8.70	9.10	10.00	11.10	9.73



圖六 檸檬汁與草酸鈣溶解度的關係圖



(三) 討論

1. 實驗六結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1mL 的檸檬汁，所有鈣離子濃度皆增加，且酸性溶液中的溶解量比鹼性溶液中大。
2. 檸檬汁稀釋後加羊毛鉻黑溶液依然為藍色，所以測得的 EDTA 使用量可代表草酸鈣溶解的量。

【實驗七】藥用抗壞血酸對草酸鈣溶解度的影響

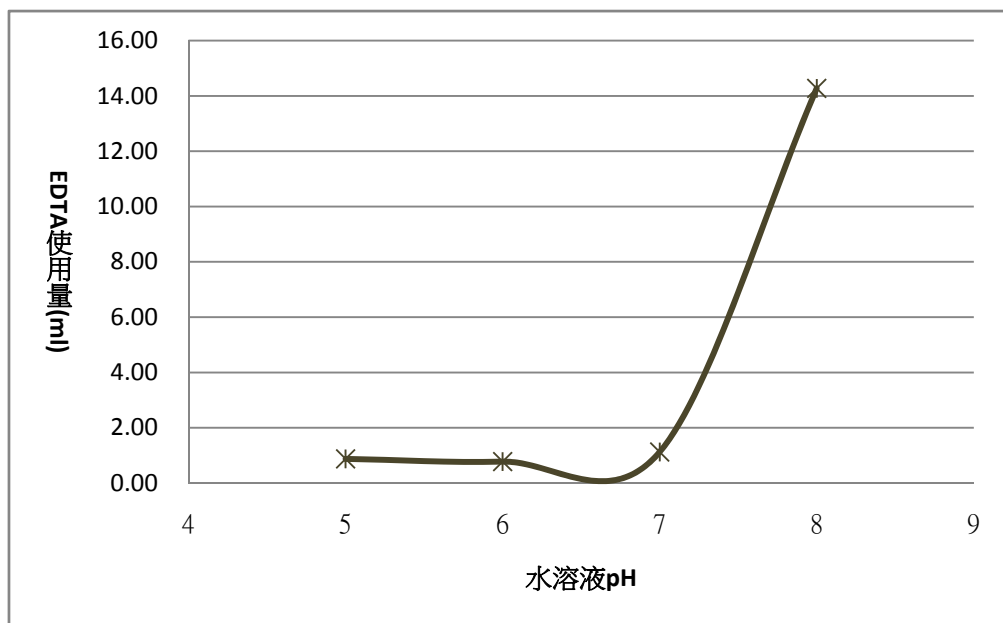
(一) 步驟

1. 草酸鈣晶體各取 0.5g 置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 抗壞血酸，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛銻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表七。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖七。

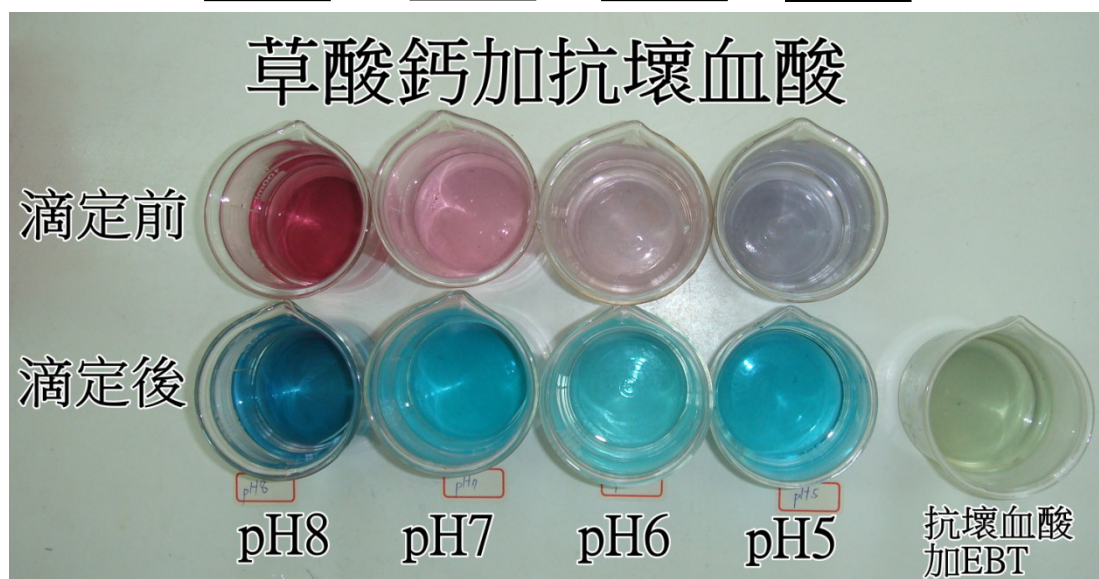
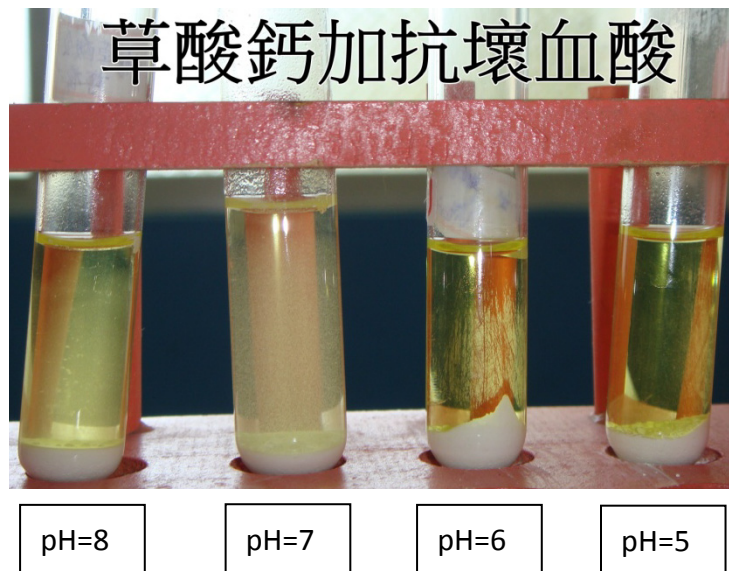
(二) 研究結果

表七 抗壞血酸對草酸鈣溶解度的影響

37℃，加入抗壞血酸 0.1g，草酸鈣溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	1.00	0.80	0.90	0.80	0.88
6	0.70	0.90	0.50	1.00	0.78
7	1.40	0.80	1.20	1.10	1.13
8	15.90	13.50	12.80	14.90	14.28

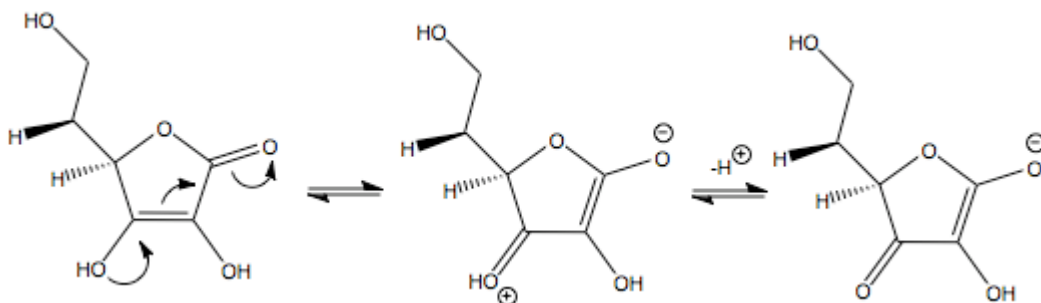


圖七 抗壞血酸與草酸鈣溶解度的關係圖



(三) 討論

- 實驗七結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的抗壞血酸，鹼性溶液的鈣離子濃度遠大於酸性溶液的濃度。可見抗壞血酸可增加鹼性溶液中草酸鈣的溶解量。抗壞血酸有以下反應：



在鹼性溶液中，可以使抗壞血酸形成離子狀態，易於與鈣離子結合溶於水中，所以會出現鹼性溶液中鈣離子濃度變多的現象。

【實驗八】37°C下結石的溶解度

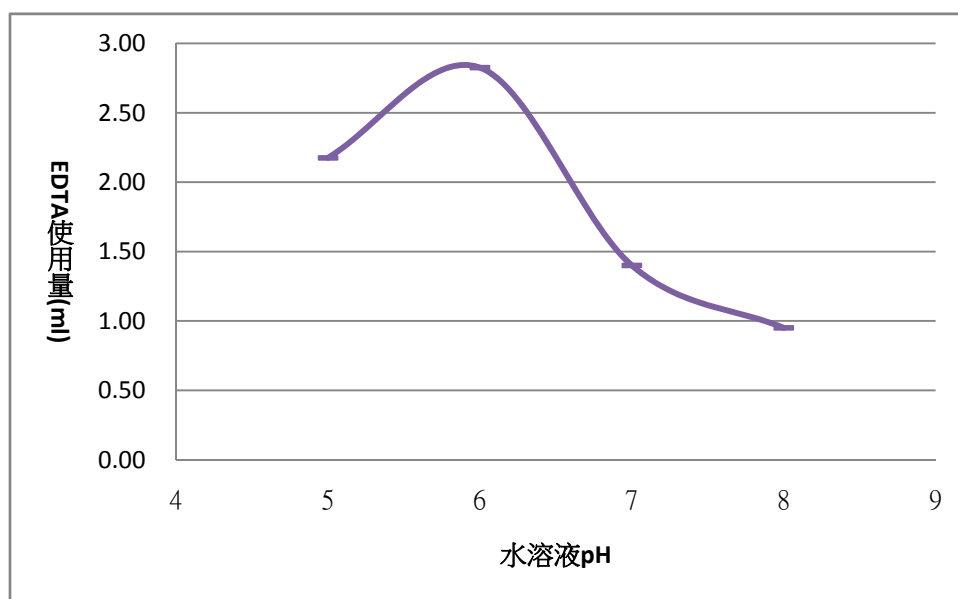
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37°C，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表八。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖八。

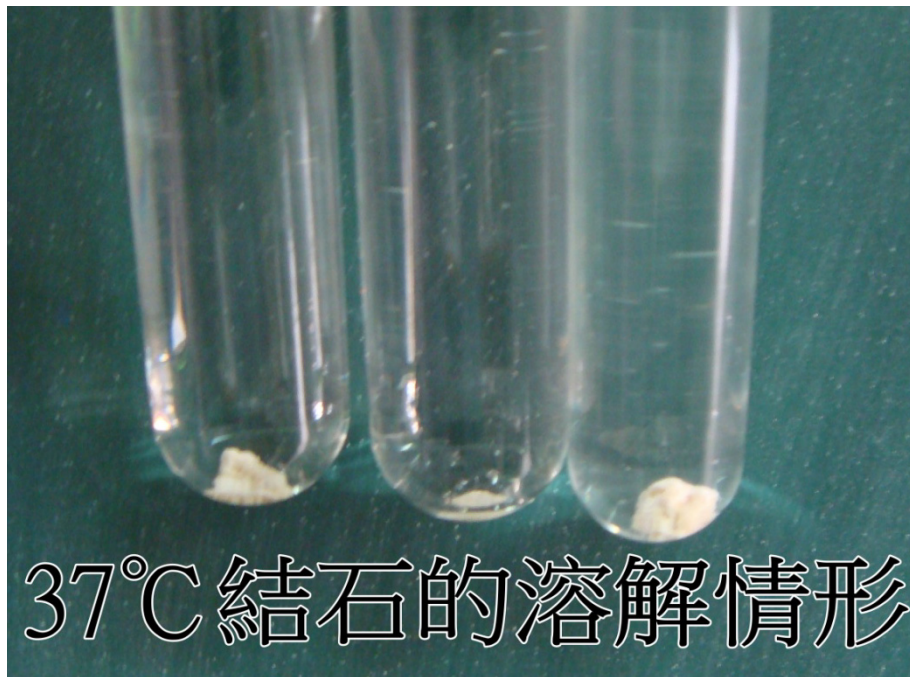
(二) 研究結果

表八 37°C 下不同酸鹼值對結石溶解度的影響

37°C，結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	2.10	2.30	1.90	2.40	2.18
6	2.70	2.90	3.10	2.60	2.83
7	1.50	1.30	1.60	1.20	1.40
8	1.00	0.90	0.80	1.10	0.95



圖八 37°C 下不同酸鹼值與結石溶解度的關係圖



(三) 討論

1. 實驗八結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，結石溶解量的趨勢和草酸鈣相同，確實在鹼性溶液中，易形成草酸鈣結石，但溶解量比實驗二少，可能因結石晶體中所含的物質不只含有草酸鈣，還含有其他蛋白質和礦物質，抑制結石中草酸鈣的溶解。所以患有草酸鈣結石的患者宜多食用可讓尿液呈現酸性的食物，可以減少結石發生機率。

【實驗九】檸檬酸鉀對結石溶解度的影響

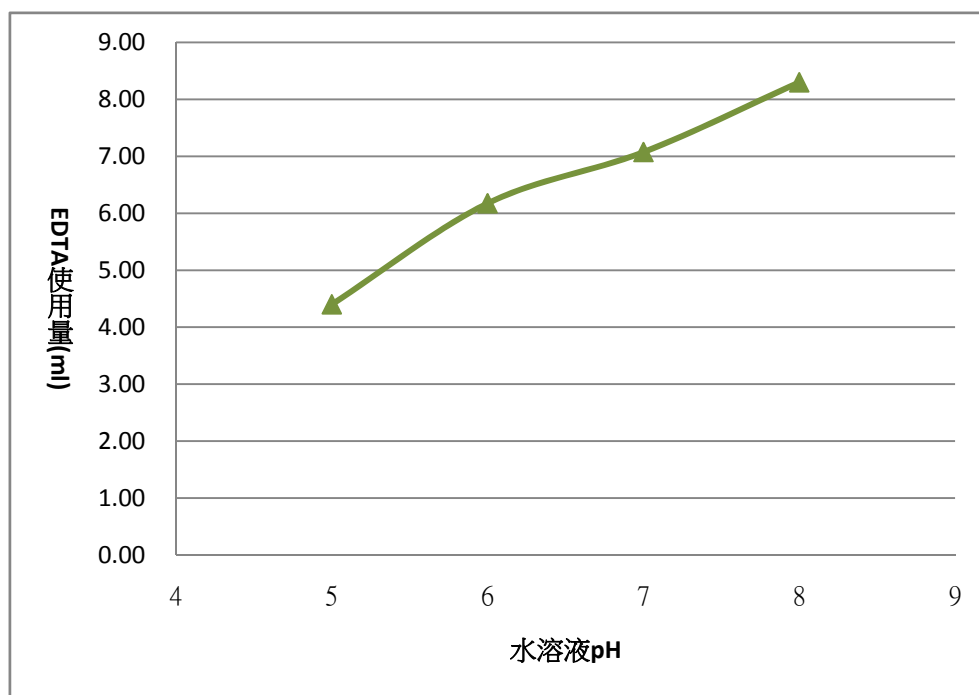
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 檸檬酸鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表九。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖九。

(二) 研究結果

表九 檸檬酸鉀對結石溶解度的影響

37℃，加入檸檬酸鉀 0.1g，結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	4.60	5.00	4.20	3.80	4.40
6	5.70	6.70	6.50	5.80	6.18
7	5.30	7.30	8.00	7.70	7.08
8	8.40	8.00	7.80	9.00	8.30



圖九 檸檬酸鉀與結石溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗九結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的檸檬酸鉀，所有鈣離子濃度皆增加，確實食用檸檬酸鉀可以預防結石的生成。但是溶解的量都比純草酸鈣少，推測是結石中有其他礦物質與蛋白質抑制了草酸鈣溶解。

【實驗十】磷酸鉀對結石溶解度的影響

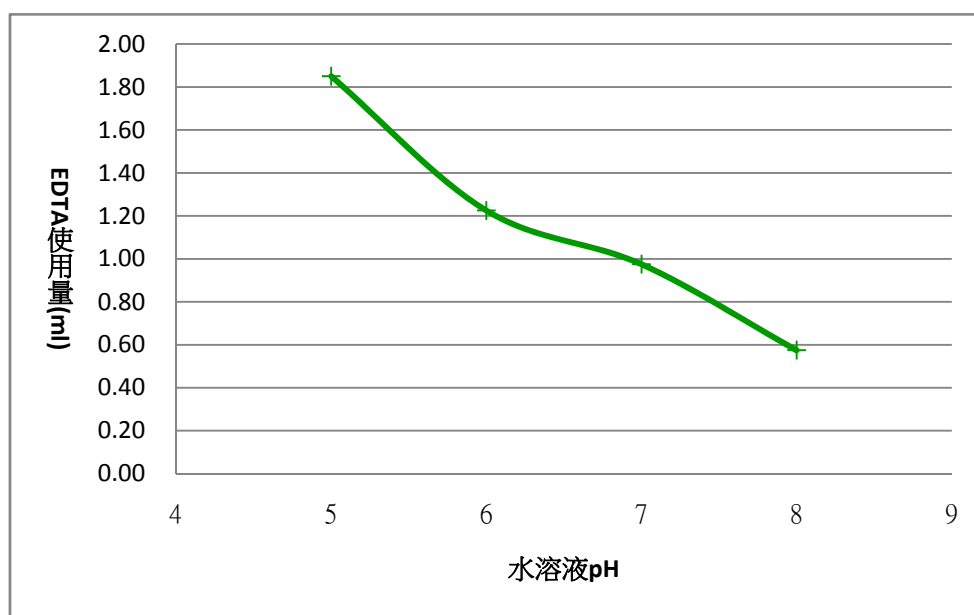
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 磷酸鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37°C，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表十。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖十。

(二) 研究結果

表十 磷酸鉀對結石溶解度的影響

37°C 加入磷酸鉀 0.1g 結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	1.80	1.60	1.90	2.10	1.85
6	1.10	1.30	1.50	1.00	1.23
7	0.80	1.00	1.20	0.90	0.98
8	0.60	0.70	0.60	0.40	0.58



圖十 磷酸鉀與結石溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗十結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的磷酸鉀，所有鈣離子的濃度皆變小，所以患有草酸鈣結石病的患者不宜吃富含磷酸的食物。

【實驗十一】氯化鉀對結石溶解度的影響

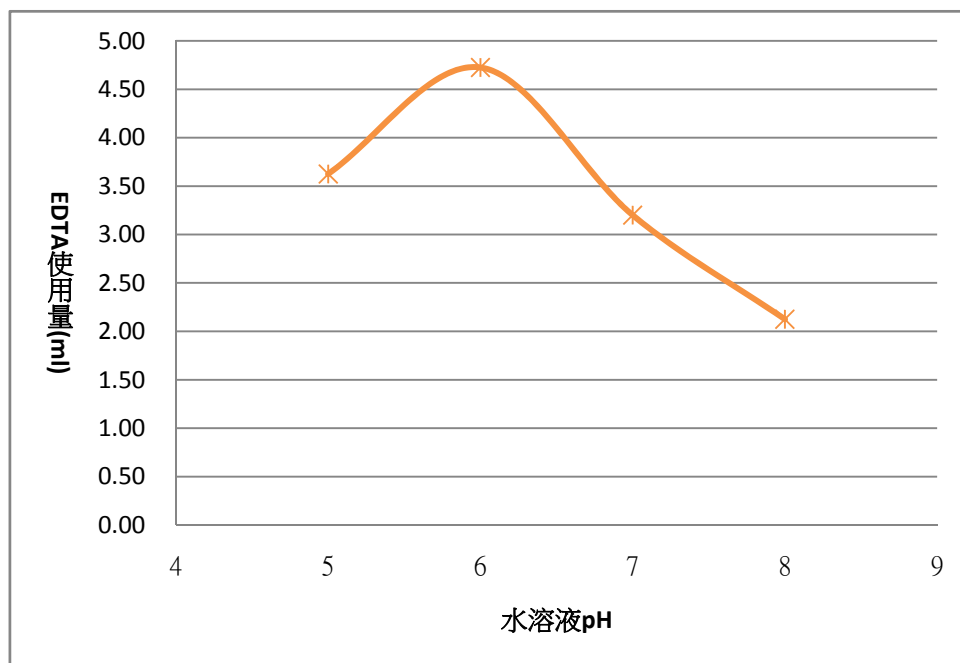
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 氯化鉀，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37°C，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表十一。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖十一。

(二) 研究結果

表十一 氯化鉀對結石溶解度的影響

37°C 加入 KCl 0.1g 結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	3.70	3.50	3.30	4.00	3.63
6	4.50	4.60	4.80	5.00	4.73
7	3.40	3.30	2.90	3.20	3.20
8	2.20	2.00	1.90	2.40	2.13



圖十一 氯化鉀與結石溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗十一結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的氯化鉀，所有的鈣離子濃度皆變大，所以服用低鈉鹽可以預防草酸鈣結石的生成。

【實驗十二】檸檬汁對結石溶解度的影響

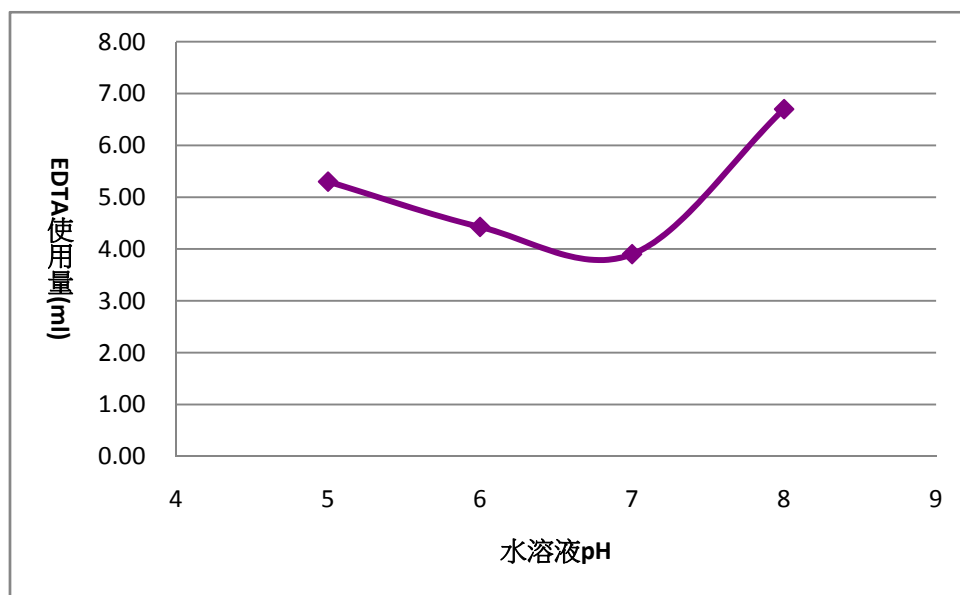
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1mL 檸檬汁，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表十二。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖十二。

(二) 研究結果

表十二 檸檬汁對結石溶解度的影響

37℃加入檸檬汁 0.1ml 結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	5.40	4.90	5.20	5.70	5.30
6	3.30	4.50	4.80	5.10	4.43
7	3.30	4.50	4.00	3.80	3.90
8	6.30	6.60	6.90	7.00	6.70



圖十二 檸檬汁與結石溶解度的關係圖

(三) 討論

1. 實驗十二結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1ml 的檸檬汁，所有鈣離子的濃度皆變大，且在鹼性溶液中最多，可見食用檸檬汁確實有預防草酸鈣結石的效用。

【實驗十三】藥用抗壞血酸對結石溶解度的影響

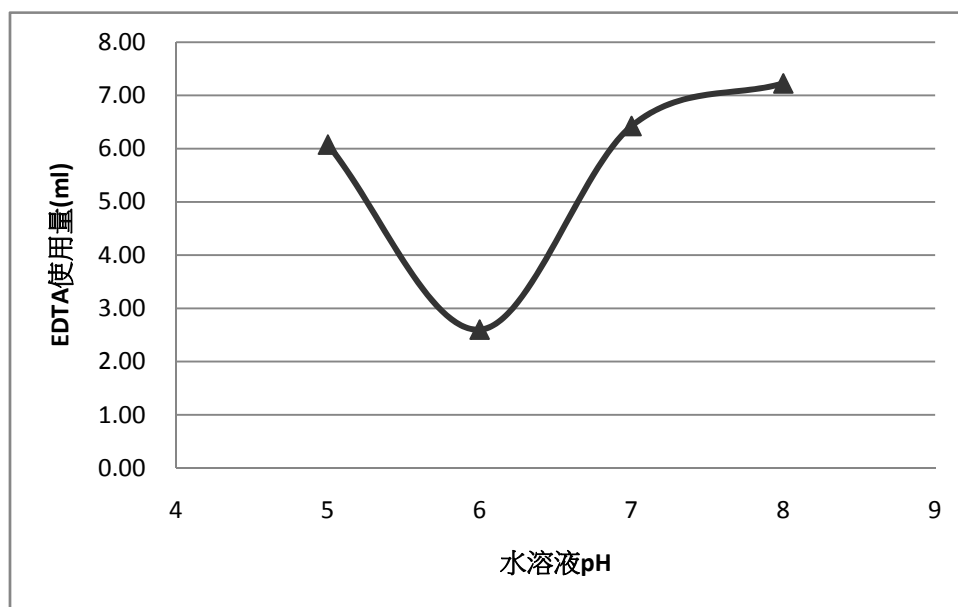
(一) 步驟

1. 取 1 結石晶體置入試管中再加入 pH=5 溶液 10ml 再加入 0.1g 抗壞血酸，搖動完後離心，置入恆溫裝置加熱至 37℃，取上層澄清液 5ml 加蒸餾水稀釋至 50ml，加入羊毛鉻黑指示劑 2~3 滴，用 EDTA 滴定至溶液變為淡藍色，記錄所使用的 EDTA 量於表十三。
2. 步驟 1 重複四次。
3. 將 pH=5 換成 pH=6~pH=8 重複步驟 1、2。
4. 以 pH 值為橫坐標，EDTA 使用量為縱座標作圖，如圖十三。

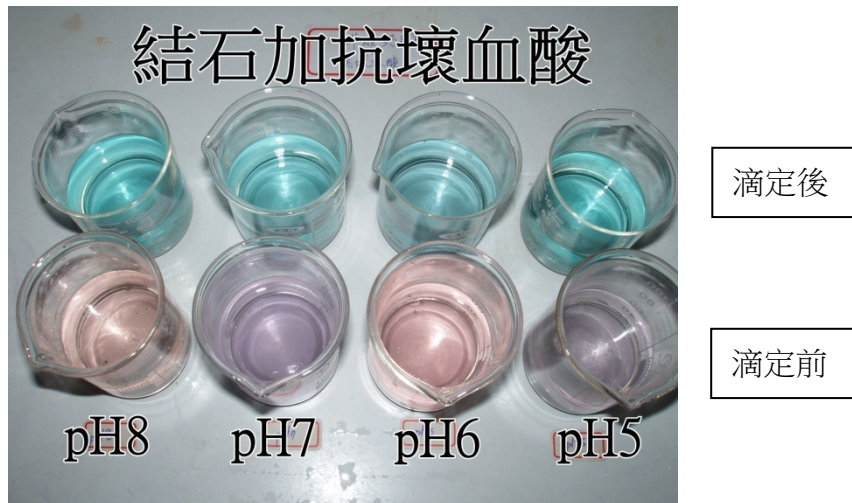
(二) 研究結果

表十三 抗壞血酸對結石溶解度的影響

37℃，加入抗壞血酸 0.1g，結石溶液取出之體積=5ml，EDTA 濃度=0.001M					
pH	EDTA 使用體積 (ml)				平均值
5	6.30	6.50	5.60	5.90	6.08
6	2.10	2.80	2.50	3.00	2.60
7	6.00	6.20	7.00	6.50	6.43
8	6.80	6.70	7.50	7.90	7.23



圖十三 抗壞血酸與結石溶解度的關係圖



(三) 討論

1. 實驗十三結果顯示，在人體溫度下排出尿液的酸鹼值範圍中，加入 0.1g 的抗壞血酸，鹼性溶液中鈣離子濃度較大。可見抗壞血酸可以預防鹼性尿病人的結石發生，但在 pH=6 的溶液中我們發現溶解度比沒加抗壞血酸小，推測可能是結石中蛋白質或其他礦物質抑制抗壞血酸的作用所引起。但抗壞血酸不宜食用過量，因為會在體內代謝形成草酸根離子，草酸鈣結石患者反而會使結石增加。

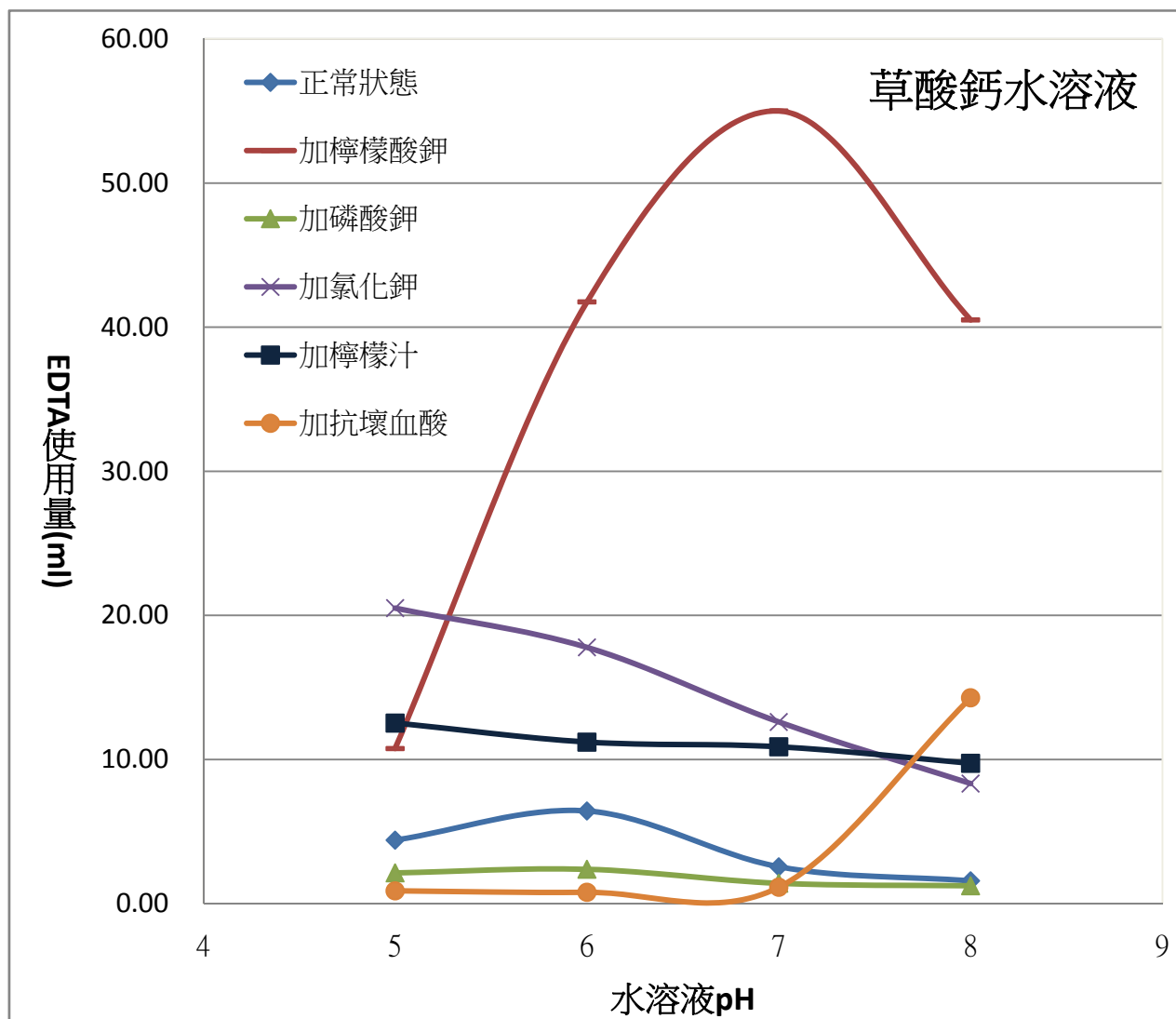
伍、 討論

- 一、 實驗過程中每次的溶液取出和稀釋都會有殘留液附著於管壁上，造成誤差，因此實際上的溶解量應該會比測得的值還大些。
- 二、 實際尿液中所含的溶質非常多，我們只是利用簡單的酸鹼來模擬尿液的情況，應該在找出尿液中所含的大量溶質是什麼，再加入溶液中模擬，如此所獲得的數據應會更接近實際值。

陸、 結論

- 一、 富含草酸與鈣離子的食物在共同食用後會於胃中大量溶解，進入腸道因 pH 值升高，再形成草酸鈣沉澱析出與糞便混合，所以同吃大量含草酸食物與含鈣食物並不會增加得結石的機會。但單獨食用富含草酸或是單獨食用富含鈣離子的食物，就會使結石產生的機率增加。建議患有草酸鈣結石患者，宜食用可讓尿液變酸的食物，以減少草酸鈣結石產生機率。

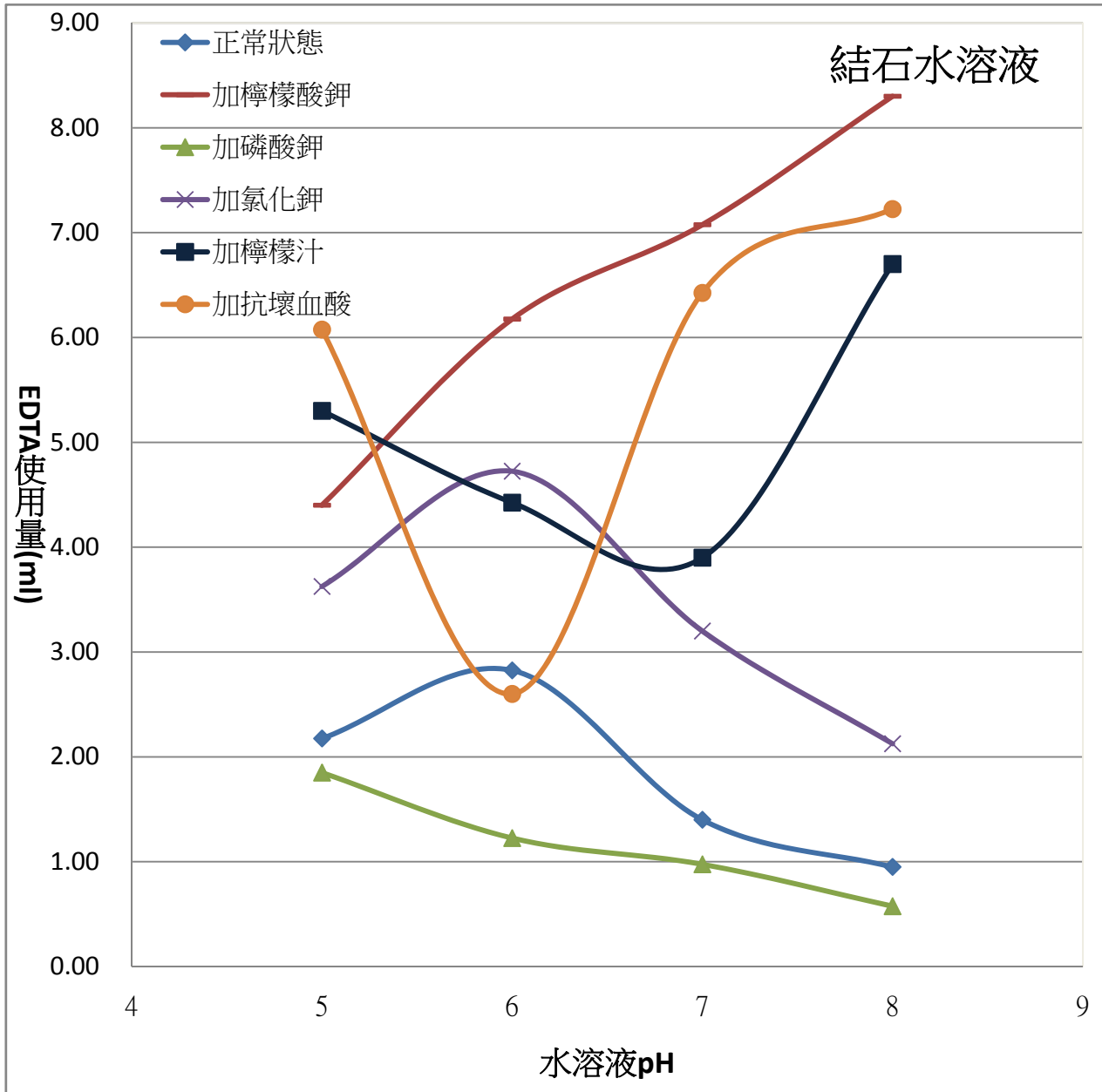
二、



圖十四 草酸鈣在各種不同狀態下的溶解度

由圖可知鹼性溶液中草酸鈣的溶解量比較小。再加入檸檬酸鉀、氯化鉀、檸檬汁、抗壞血酸、檸檬酸（四十六屆科展－大力水手生病了－淺談草酸鈣沉澱）後，皆可使鈣離子的濃度變大。但在加入磷酸鉀時，鈣離子的濃度變小。

三、



圖十五 結石在各種不同狀態下的溶解度

由圖可知鹼性溶液中結石的溶解量比較小。加入檸檬酸鉀、氯化鉀、檸檬汁、抗壞血酸後，皆可使鈣離子的濃度變大。因此草酸鈣結石患者可食用檸檬酸鉀、檸檬汁、抗壞血酸或者低鈉鹽來預防結石生成，但患有腎臟病的結石患者並不適宜食用低鈉鹽，會因攝取過多鉀離子而造成心臟停止死亡。表十四是富含檸檬酸的食物，草酸鈣結石患者可適量攝取。加入磷酸鉀時，鈣離子的濃度變小，因此患有草酸鈣結石的病人不宜食用富含磷酸根離子的食物，否則會使結石發生的機會增加。表十五是富含磷酸的食物，草酸鈣結石病患者宜少攝取。

表十四 富含檸檬酸的食物

水 果	檸檬、柳橙、橘子、蕃茄、葡萄柚、草莓、梅子、蔓越莓、蘋果、番茄
醋	水果醋、食用醋

表十五 富含磷酸的食物

奶 類	優酪乳、養樂多、起司、牛奶、鮮奶、高蛋白奶粉
蛋 類	雞蛋、蛋黃、鹹鴨蛋、蛋糕、蒸蛋、蛋塔
穀 類	麥、麥片、小麥胚芽、全麥麵包、糙米、糙米飯、玉米片
內 臟 類	心、肝、腎、胰臟
海 產 類	海帶、紫菜、蛤、蚵、蟹、蝦
種 子 類	花生、瓜子、豌豆、扁豆、豆莢
堅 果 類	開心果、杏仁、核桃、腰果
其 它 類	奶茶、可樂、酵母、巧克力、可可、加奶精咖啡、乾果、醃製品、罐頭食品、含有卵磷脂的健康食品

柒、 參考文獻

- 一、 姚珩等編著（民 94）。**翰林版八下自然與生活科技課本**。台南市：翰林。
- 二、 第四十六屆科展－大力水手生病了-淺談草酸鈣沉澱。
- 三、 國立臺灣師範大學科學教育中心主編（民 84）。**高中化學第二冊**。國立編譯館出版。
- 四、 YAHOO 奇摩知識
- 五、 Dissociation Constants Of Organic Acids And Bases
<http://www.zirchrom.com/organic.htm>
- 六、 Solubility Product Constants
<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/abc/kpt.html>
- 七、 Skoog, West, Holler. **Fundamentals of analytical chemistry**. Saunders College Publishing(7th Edition)
- 八、 線上維基百科 <http://en.wikipedia.org/wiki>
- 九、 柯清水編著（民 81）。**化學化工大辭典**。正文書局有限公司。

【評語】 031629

1. 實驗具有健康環保概念，有創意。
2. 若能針對草酸鈣以外的化學成份，例如” 磷酸鈣” 等更多牙齒中組成物質再分析比較，說服性更高。