

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 化學科

040201

鈣是英雄~骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量之探討

學校名稱：桃園縣私立育達高級中學

作者：  高二 徐少耘  高二 江梅秀  高二 沈宗賢  高二 陳建廷	指導老師：  謝曉玲
---	------------------

關鍵詞：  $\text{Ca}^{2+}$ 、骨湯、EDTA 滴定

## 鈣是英雄~Ca<sup>2+</sup>釋放量探討

### 摘要：

中國人的飲食文化中，骨湯一直被視為餐桌上富含營養價值的佳餚，也是攝取鈣質的良好來源，而骨湯的調味方式千變萬化，要如何才能喝到最多的鈣質呢？我們針對骨湯熬煮的各種環境及調味添加物的關係做一系列的實驗探討。結果發現有效控制熬煮時間、水量及添加適當的調味料，都能有效增加骨湯中 Ca<sup>2+</sup>含量。

## 壹、 研究動機

父母擔心小孩營養不良、長不高、發育不全，而燉煮補藥為小孩補身體，而這些補藥當中，有骨湯、燕窩、雞精…等。而其中骨湯，又被稱為長高必喝的湯品，而我們從化學課程中學習到，量測溶液中的離子含量可以用滴定的方法，且利用 EDTA 和  $\text{Ca}^{2+}$  可配位形成錯離子，進行  $\text{Ca}^{2+}$  的定量，熬煮骨湯時釋放的  $\text{Ca}^{2+}$  是構成我們骨頭重要成分，豬骨熬骨湯要如何釋放出最多的  $\text{Ca}^{2+}$  呢？要怎麼熬煮，才能變成一碗美味營養又富含鈣質的骨湯呢？

## 貳、 研究目的

- 一、 為探討骨頭湯熬煮環境與  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的關係，取了 10~12 隻豬的相同部位骨頭，充分混合後進行實驗，條件改變包括時間、水量、調味品、酸鹼性添加可能造成的影響。
- 二、 在參考資料中，利用 EDTA 的滴定方式進行測量骨頭湯中  $\text{Ca}^{2+}$  定量。
- 三、 加醋或可樂會使  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的更多？而要加多少才會使  $\text{Ca}^{2+}$  釋放得最多呢？

## 參、 研究設備及器材

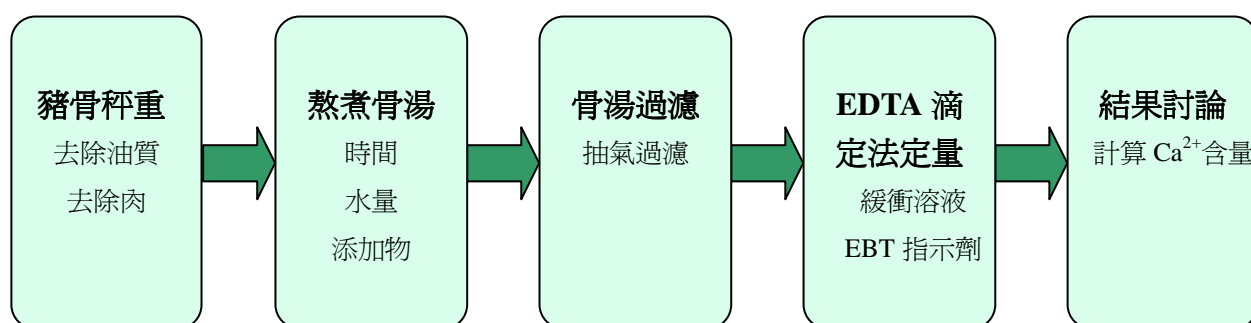
### 四、 藥品

- 1.鹽酸 (Hydrochloric Acid) (HCl)
- 2.硝酸 (Nitric Acid) ( $\text{HNO}_3$ )
- 3.硫酸 (Sulfuric Acid) ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- 4.醋酸 (Acetic Acid, Glacial) ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- 5.醋酸鈉 (Sodium Acetate) ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
- 6.檸檬酸 (Citric Acid) ( $\text{C}_3\text{H}_4(\text{OH})(\text{COOH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
- 7.碳酸鈣 (Calcium Carbonate) ( $\text{CaCO}_3$ )
- 8.碳酸鈉 (Sodium Carbonate, anhydrous) ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- 9.碳酸氫鈉 (Sodium Bicarbonate) ( $\text{NaHCO}_3$ )
- 10.維他命 C (L-ascorbic Acid) ( $\text{OCOC}(\text{OH})\text{:C}(\text{OH})\text{CHCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ )
- 11.氫氧化鈉 (Sodium Hydroxide) ( $\text{NaOH}$ )
- 12.氨水 (Ammonium Hydroxide) ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )

- 13.氯化銨 (Ammonium Chloride) ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )
- 14.氯化鈉 (Sodium Chloride) ( $\text{NaCl}$ )
- 15.三乙醇胺 (Triethanolamine) ( $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3\text{N}$ )
- 16.EBT (1-(1-Hydroxy-2-naphthylazo)-5-nitro-2-naphthol-4-sulfonic Acid 之鈉鹽) ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$ )
17. EDTA-二鈉鹽 (E.D.T.A.2Na) ( $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
18. EDTA-鎂鹽 (E.D.T.A.2-NaMg)
- 19.甲基橙
- 20.去離子水
- 21.工研牌米醋
- 22.香山牌醋精
- 23.新鮮檸檬原汁 (購入於早晨市場水果販)
- 24.可口可樂

<p>四、 器材</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>鍋子</li> <li>燒杯</li> <li>量筒</li> <li>刮杓</li> <li>滴管</li> <li>鑷子</li> <li>PH 計</li> <li>滴定架</li> <li>廣用夾</li> <li>滴定管</li> <li>秤量紙</li> <li>錐形瓶</li> <li>容量瓶</li> <li>玻璃棒</li> <li>移液管</li> <li>陶瓷漏斗</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>滴定管夾</li> <li>電子磅秤</li> <li>安全吸球</li> <li>白色磁磚</li> <li>玻璃漏斗</li> <li>塑膠洗瓶</li> <li>三角漏斗</li> <li>濾紙(9cm)</li> <li>抽氣過濾瓶</li> <li>耐酸鹼手套</li> <li>電磁加熱器</li> <li>橡膠滴管帽</li> <li>抽氣過濾管</li> <li>PP 塑膠廣口瓶</li> <li>電磁爐(1500 瓦)</li> <li>10~12 隻豬的豬肋骨充分混合</li> </ol>
---	---

## 肆、 研究過程或方法



### 一、 Ca<sup>2+</sup>定量—EDTA 滴定法

#### (一)標準鈣溶液的配製方法

1. 秤取 1 克無水碳酸鈣粉末放入 500 毫升燒杯中，緩緩加入鹽酸直到所有碳酸鈣溶解。
2. 加入 200 毫升去離子水，煮沸數分鐘驅除二氧化碳。
3. 放冷數分鐘後，加入幾滴甲基橙指示劑，然後加入 3M 的氨水或鹽酸溶液調整至變色過程中的橙色。
4. 定量至 1000 毫升，即完成 1 毫升當中含有 1 毫克碳酸鈣的標準鈣溶液。

## (二)EBT 指示劑的配製方法

1.取 0.5 克乾燥粉末狀 EBT 溶於 100 克三乙醇胺中，即完成。

## (三)0.01M 的 EDTA 溶液配製方法

1.取 3.7 克 EDTA—二鈉鹽，放入定量瓶後加入去離子水定量至 1000 毫升，即完成  
濃度為 0.01M 的 EDTA 溶液。

2.加入 1 至 2 滴 EBT 指示劑並使用標準鈣離子溶液標定之。

## (四)緩衝溶液的配製方法

1.取 16.9 克氯化銨溶於 143 毫升氨水中，並加入 EDTA—鎂鹽 1.25 克，再加入去離子水定容至 250 毫升，即完成。

## 二、 熬煮骨湯溶液

(一)取市售10~12隻豬的新鮮豬肋骨去除油脂、肉後，充份混合，取約100克進行實驗，  
以求實驗背景相同。(圖1.)

(二)加入 1000 毫升的去離子水，用電磁爐(1500 瓦)設定中火熬煮。(圖 2.)

(三)冷卻至室溫後使用抽氣過濾器過濾雜質，測量過濾後的體積。(圖 3.)

(四)取 25 毫升骨湯倒入錐形瓶中，測量 PH 值，並記錄之。

(五)取 1 至 2 毫升  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  鹼型緩衝溶液，加入 25 毫升骨湯中，調整  
PH 值約為 10.0，測定加入緩衝溶液後的 PH 值，並記錄之。

(六)滴入 1 滴 EBT 指示劑於錐形瓶中。

(七)以 EDTA 溶液滴定，觀察其變化，並記錄 EDTA 溶液的消耗量。

(圖 4.)(圖 5.)(圖 6.)

(八)計算骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量。(註 1.)

## 三、 熬煮骨湯的環境與條件

(一)熬煮時間對骨湯的影響

1.取市售10~12隻豬的新鮮豬肋骨去除油脂、肉後，充份混合取約100克進行實驗，  
以求實驗背景相同。(圖1.)

2.加入 1000 毫升的去離子水，用電磁爐(1500 瓦)設定中火熬煮。(圖 2.)

3.熬煮時間分別為 20、30、40、60、90、120 分鐘(由於，60、90 及 120

分鐘熬煮時間較長，為避免骨湯煮乾，分別於 40 分鐘後添加 1000 毫升去離子水；而 120 分鐘則於 90 分鐘後再加入 400 毫升去離子水)。

4.冷卻至室溫後使用抽氣過濾器過濾雜質，測量過濾後的體積。

5.取 25 毫升骨湯倒入錐形瓶中，測量 PH 值，並記錄之。

6.取 1 至 2 毫升  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  鹼型緩衝溶液，加入 25 毫升骨湯中，調整 PH 值約為 10.0，測定加入緩衝溶液後的 PH 值，並記錄之。

7.滴入 1 滴 EBT 指示劑於錐形瓶中。

8.以 EDTA 溶液滴定，觀察其變化，並記錄 EDTA 溶液的消耗量。

9.計算骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量。(註 1.)

## (二)熬煮水量對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 釋放的影響

1.取市售10~12隻豬的新鮮豬肋骨去除油脂、肉後，充份混合取約100克進行實驗，以求實驗背景相同。(圖1.)

2.分別加入 1000 毫升及 1500 毫升的去離子水，用電磁爐(1500 瓦)設定中火熬煮 30 分鐘。(圖 2.)

3.冷卻至室溫後使用抽氣過濾器，過濾雜質，測量過濾後的體積。

4.取 25 毫升骨湯倒入錐形瓶中，測量 PH 值，並記錄之。

5.取 1 至 2 毫升  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  鹼型緩衝溶液，加入 25 毫升骨湯中，測定加入緩衝溶液後的 PH 值，調整 PH 值約為 10.0，並記錄之。

6.滴入 1 滴 EBT 指示劑於錐形瓶中。

7.以 EDTA 溶液滴定，觀察其變化，並記錄 EDTA 溶液的消耗量。

8.計算骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量。(註 1.)

## (三)探討添加各種化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 釋出的影響。

1.取市售10~12隻豬的新鮮豬肋骨去除油脂、肉後，充份混合取約100克進行實驗，以求實驗背景相同。(圖1.)

2.加入 1000 毫升的去離子水及欲探討之化合物，用電磁爐(1500 瓦)設定中火熬煮 30 分鐘。

3.添加化合物含：

(1)廚房調味料：

a.米醋、可樂、3M 氯化鈉、新鮮檸檬汁、醋精、3M 維他命 C 各 2 毫升的溶液。

(圖 7.)(圖 8.)

(2)酸及其鹽類：

a.醋酸、醋酸鈉、鹽酸、氯化鈉各 3M 2 毫升的溶液。

(3)不同酸性化合物：

a.鹽酸、硫酸、硝酸、醋酸、檸檬酸各 3M 2 毫升的溶液。

(4)不同鹼性化合物：

a.氫氧化鈉、氨水、碳酸鈉、碳酸氫鈉各 3M 2 毫升的溶液。

4.冷卻至室溫後使用抽氣過濾器，過濾雜質，測量過濾後的體積。

5.取 25 毫升骨湯倒入錐形瓶中，測量 PH 值，並記錄之。

6.取 1 至 2 毫升  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  鹼型緩衝溶液，加入 25 毫升骨湯中，測定加入緩衝溶液後的 PH 值，調整 PH 值約為 10.0，並記錄之。

7.滴入 1 滴 EBT 指示劑於錐形瓶中。

8.以 EDTA 溶液滴定，觀察其變化，並記錄 EDTA 溶液的消耗量。

9.計算骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量。(註 1.)

(四)醋酸、米醋、可樂添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  的影響

1.取市售10~12隻豬的新鮮豬肋骨去除油脂、肉後，混合取約100克進行實驗，以求實驗背景相同。(圖1.)

2.加入 1000 毫升的去離子水及欲探討之化合物的各種容量，用電磁爐(1500 瓦)設定中火熬煮 30 分鐘。

3.各種化合物添加量包含：

(1)醋酸 3M 分別取 1、3、5、7、9 毫升。

(2)米醋分別取 1、3、5、7、9 毫升。

(3)可樂分別取 2、4、6 毫升。

4.冷卻至室溫後使用抽氣過濾器，過濾雜質，測量過濾後的體積。

5.取 25 毫升骨湯倒入錐形瓶中，測量 PH 值，並記錄之。

- 6.取 1 至 2 毫升  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  鹼型緩衝溶液，加入 25 毫升骨湯中，測定加入緩衝溶液後的 PH 值，調整 PH 值約為 10.0，並記錄之。
- 7.滴入 1 滴 EBT 指示劑於錐形瓶中。
- 8.以 EDTA 溶液滴定，觀察其變化，並記錄 EDTA 溶液的消耗量。
- 9.計算骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量。(註 1.)

註 1：(計算用公式)

$$\text{總硬度(以碳酸鈣表示, mg/L)} = \frac{A \times B \times 1000}{V}$$

A：水樣滴定时所用 EDTA 溶液體積扣除空白分析所用 EDTA 溶液體積(ml)

B：1 毫升 EDTA 滴定溶液所對應之碳酸鈣毫克數(mg)

V：水樣體積(ml)

$$\frac{\text{碳酸鈣標準溶液濃度(mg/L)} \times \text{被滴定之碳酸鈣標準溶液取量體積(mL)}}{\text{滴定碳酸鈣標準溶液所使用之 EDTA 溶液體積(mL)} \times 1000}$$

## 伍、 研究結果

一、 熬煮時間對骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量的影響。

(一)逐步增加熬煮時間 20 分鐘至 120 分鐘，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化並進行觀察比較，結果如表 1。

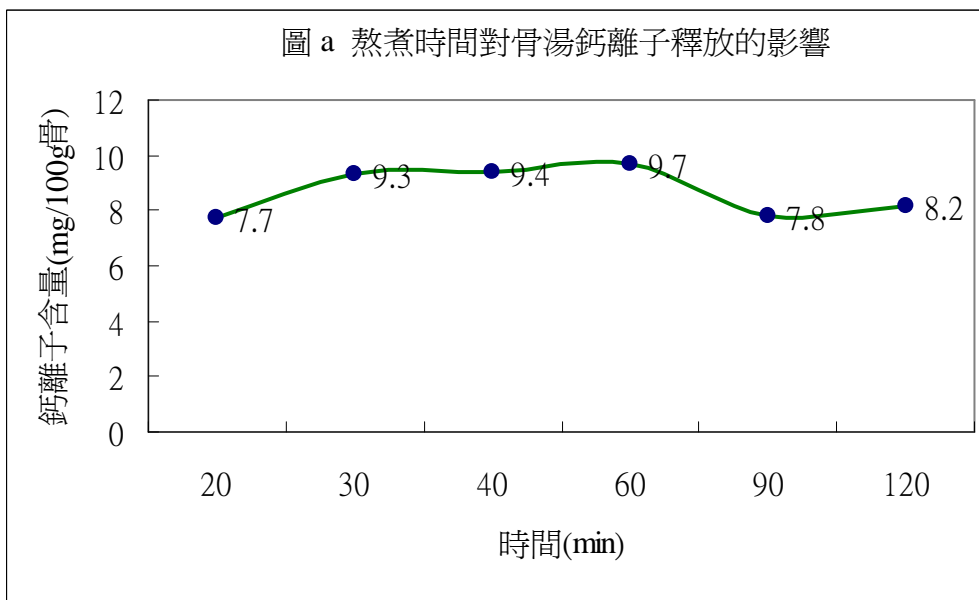
表 1 熬煮時間對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

熬煮時間(min)	對照組	20	30	40	60	90	120
濾後骨湯體積 (ml)	1000	710	618	935	1038	544	480
$10^{-4}\text{M}$ EDTA 消耗體積 (ml)	—	27.1	3.8	24.9	23.2	30.1	42.3
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	—	7.7	9.3	9.4	9.7	7.8	8.2
備註							

註：表格中結果數據均為 2 次實驗結果平均值。



- (二)每次熬煮狀況都略有不同，但隨著熬煮時間增加， $\text{Ca}^{2+}$ 含量於 30 分鐘~60 分鐘，達到最大值，接著隨著熬煮時間增長， $\text{Ca}^{2+}$ 含量稍微下降且持平。(圖 a)
- (三)由各組熬煮時間對骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$ 含量的結果中，以 30~60 分鐘為最佳，因此，接下來的實驗變因探討，熬煮時間均控制在 30 分鐘。



## 二、熬煮水量對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

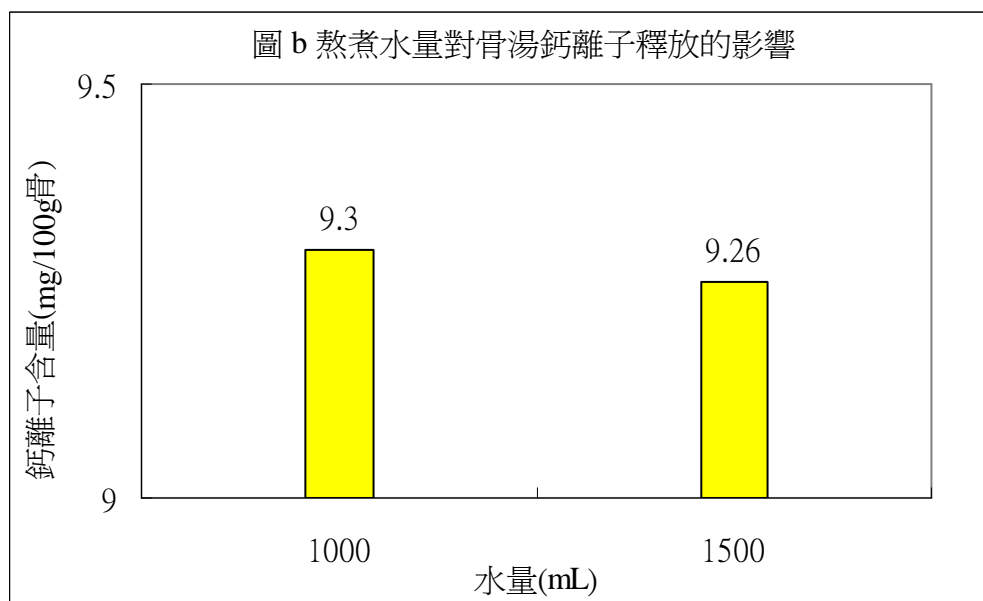
- (一)以 30 分鐘為熬煮時間，分別添加 1000 及 1500 毫升去離子水進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放的  $\text{Ca}^{2+}$ 毫克數並進行觀察，結果如表 2。

表 2 熬煮水量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$ 釋放的影響

熬煮水量(ml)	1000	1500
濾後骨湯體積(ml)	618	1112
$10^{-4}$ EDTA 平均(ml)	37.5	20.8
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	9.26
備註		

註：表格結果數據均為 2 次實驗結果之平均

(二)實驗結果顯示在 1000 及 1500 毫升的水量變化，對於豬骨釋放  $\text{Ca}^{2+}$  含量並無太大差異(圖 b)，所以接下來的變因探討，均採用 1000 毫升去離子水為熬煮骨湯的添加水量來進行。



### 三、 添加各種化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

#### (一)添加廚房調味料對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

1.在熬煮骨湯同時添加了廚房用的米醋、可樂、食鹽、檸檬汁、醋精及維他命 C 進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數進行並觀察比較，結果如表 3。

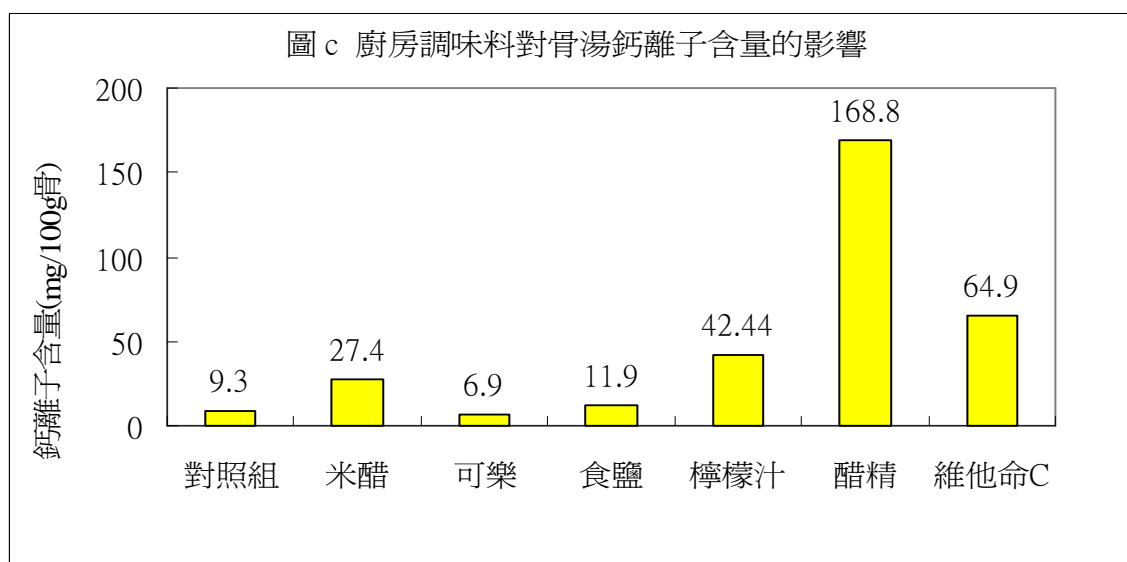
表 3 廚房調味料對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的影響

化合物	對照組	米醋 (2ml)	可樂 (2ml)	食鹽 (3M 2ml)	檸檬汁 (2ml)	醋精 (2ml)	維他命 C (3M 2ml)
濾後體積(ml)	618	536	575	549	523	538	585
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消耗體積(ml)	3.8	12.9	3	5.4	20.3	77.5	28.3
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	27.4	6.9	11.9	42.4	168.8	64.9
備註		<圖 7.>			<圖 8.>		

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

2.由圖 c 得知，添加食鹽的組別， $\text{Ca}^{2+}$  含量較無明顯變化；添加米醋和檸檬汁的骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加了 3~4 倍；添加維他命 C 使  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加了 7 倍；而添加醋精的骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量則增加了 18 倍；添加可樂的組別， $\text{Ca}^{2+}$  含量是下降的。

3.添加不同添加物所熬煮的骨湯，湯的顏色及澄清程度亦不同(圖 7.)(圖 8.)。



### 三、 添加各種化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

#### (二)酸及其鹽類對骨湯中 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

1.在熬煮骨湯添加了同濃度 3M、2 毫升的  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 、 $\text{HCl}$  和  $\text{NaCl}$ ，

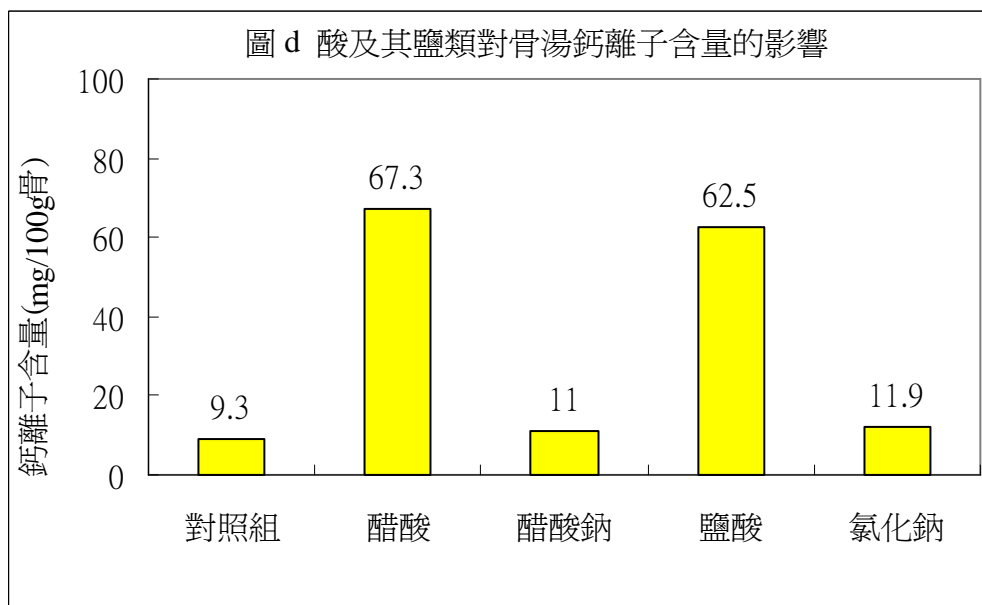
以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化並進行觀察比較，結果如表 4。

表 4 酸及其鹽類對骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量的影響

化合物	對照組	$\text{CH}_3\text{COOH}$ (3M 2ml)	$\text{CH}_3\text{COONa}$ (3M 2ml)	$\text{HCl}$ (3M 2ml)	$\text{NaCl}$ (3M 2ml)
濾後骨湯 體積(ml)	618	500	541	543	549
$10^{-3}\text{M EDTA}$ 消耗體積(ml)	3.8	33.8	5.2	28.7	5.4
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	67.3	11	62.5	11.9
備註					

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

2.實驗結果圖 d 中，分別添加  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 、 $\text{CH}_3\text{COONa}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{NaCl}$  的骨湯中，添加  $\text{CH}_3\text{COOH}$  與  $\text{HCl}$  的骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加 7~8 倍，但添加  $\text{CH}_3\text{COOH}$  與  $\text{NaCl}$  溶液的骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量並沒有明顯增加，顯示出  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$ ，對於骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放，並無太大的幫助；因此確定了添加酸性物質可促進骨湯中的  $\text{Ca}^{2+}$  釋放。



#### 四、 添加各種化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

##### (三)添加不同酸性化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 釋放的影響

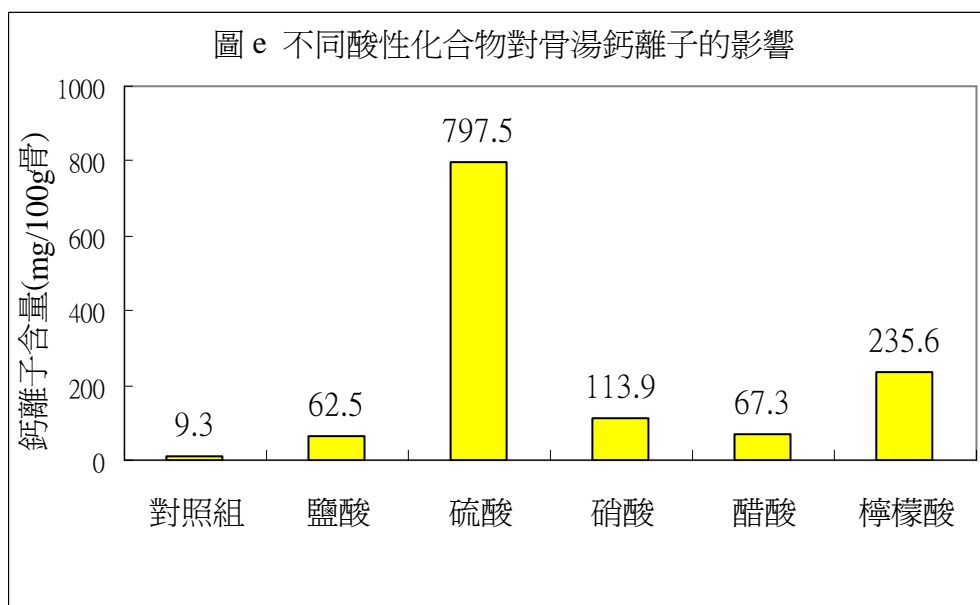
1.比較分別加了同濃度 3M，2 毫升的鹽酸、硫酸、硝酸、醋酸、檸檬酸等不同的酸性化合物水溶液進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化，並進行觀察比較，結果如表 5。

表 5 不同酸性化合物對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

化合物	對照組	鹽酸 (3M 2ml)	硫酸 (3M 2ml)	硝酸 (3M 2ml)	醋酸 (3M 2ml)	檸檬酸 (3M 2ml)
濾後骨湯 體積(ml)	618	543	567	567	500	571
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消耗體積 (ml)	3.8	28.7	354	50	33.8	97.1
$\text{Ca}^{2+}$ mg/ 100g 骨	9.3	62.5	797.5	113.9	67.3	235.6
備註						

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

2. 在添加不同酸性化合物骨湯中的  $\text{Ca}^{2+}$  含量關係，可以知道酸性環境都能有效的讓  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量增加。
3. 其中相同濃度、相同體積的酸性溶液，以強解離的鹽酸、硫酸、硝酸效果最好，尤其是硫酸溶液的添加，可使骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量最高(圖 e)。



### 三、 添加各種化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

#### (四)添加不同鹼性化合物對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 釋放的影響

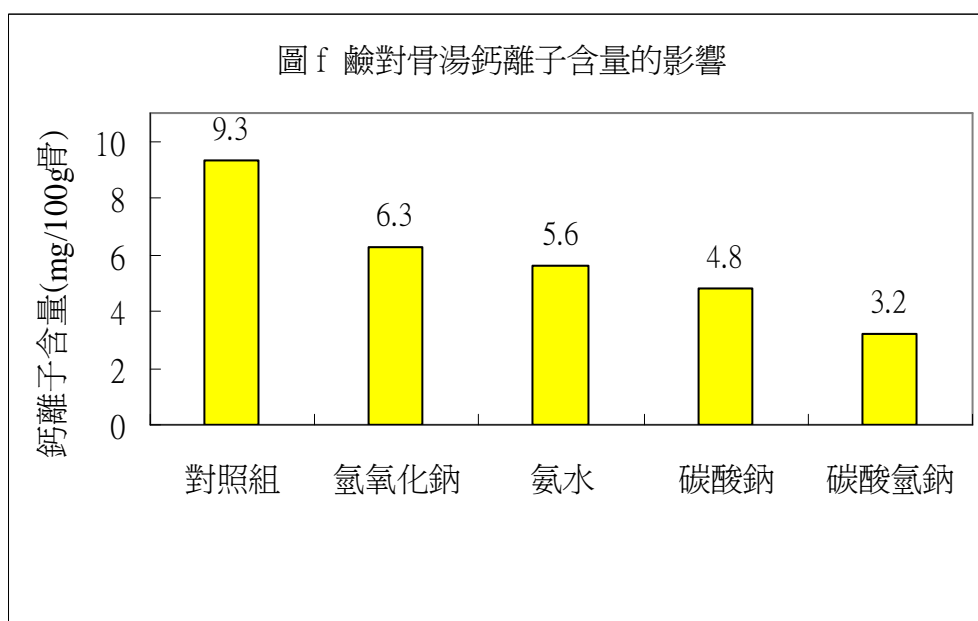
- 1.分別添加了同濃度 3M，2 毫升的氫氧化鈉、氨水、碳酸鈉、碳酸氫鈉等鹼性化合物溶液於骨湯中進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化，進行觀察比較，結果如表 6。

表 6 不同鹼性化合物對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

化合物	對照組	氫氧化鈉 (3M 2ml)	氨水 (3M 2ml)	碳酸鈉 (3M 2ml)	碳酸氫鈉 (3M 2ml)
濾後骨湯體積(ml)	618	550	587	569	554
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消耗體積(ml)	3.8	2.9	2.4	2.1	1.5
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	6.3	5.6	4.8	3.2
備註					

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

- 2.由加了不同鹼性化合物的  $\text{Ca}^{2+}$  含量結果中(圖 f)，發現，添加鹼性化合物溶液，不但不會幫助  $\text{Ca}^{2+}$  釋放，反而使骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量下降，且不同種類的鹼性化合物對於  $\text{Ca}^{2+}$  釋放，也有不同的影響。



#### 四、酸的添加量對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

##### (一)醋酸添加量多寡

- 1.比較添加同濃度 3M，體積分別為 1 毫升、3 毫升、5 毫升、7 毫升和 9 毫升的醋酸，進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化，並進行觀察比較，結果如表 7。

表 7 醋酸添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

體積(ml)	對照組	1	3	5	7	9
濾後骨湯體積 (ml)	618	577	593	576	593	526
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消耗體積(ml)	3.8	15.8	28.3	48.9	46.3	102.3
$\text{Ca}^{2+}$ mg/ 100g 骨	9.3	36.3	66.5	112.7	109.3	214.6
備註						

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

- 2.由表 7 可得知，隨著醋酸添加量的增加， $\text{Ca}^{2+}$  釋放量也隨之上升(圖 g)

##### (二)米醋的添加量多寡

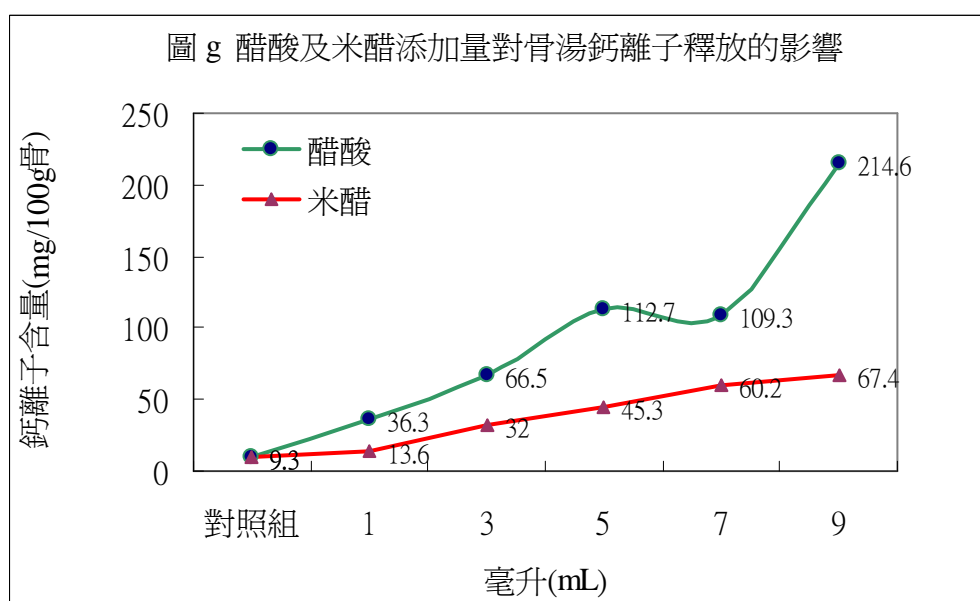
- 1.比較分別加同濃度 3M，體積分別為 1 毫升、3 毫升、5 毫升、7 毫升和 9 毫升的米醋，進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放的  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化，並進行觀察比較，結果如表 8。

表 8 米醋添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

體積(ml)	對照組	1	3	5	7	9
濾後體積(ml)	618	522.5	570	589	575	567
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消耗體積(ml)	3.8	6.5	14.1	19.4	26.1	29.7
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	13.6	32	45.3	60.2	67.4
備註						

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

2.由表 8 可得知，隨著米醋添加量的增加， $\text{Ca}^{2+}$  釋放量也隨之上升(圖 g)





#### 四、 酸的添加量對骨湯 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

##### (三)可樂添加量多寡對 $\text{Ca}^{2+}$ 含量的影響

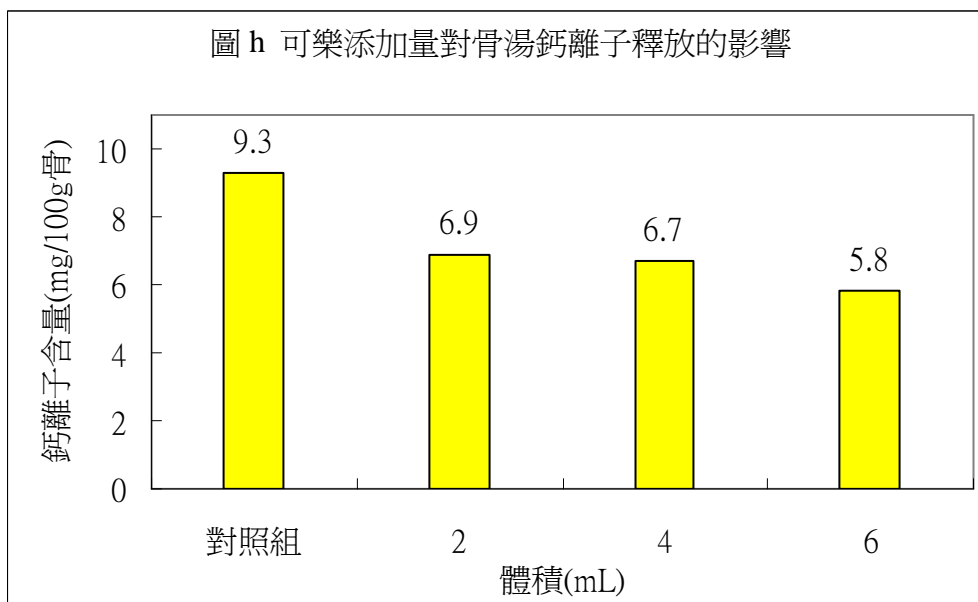
1.比較分別添加了 2 毫升、4 毫升和 6 毫升的可樂於骨湯中，進行熬煮，以每 100 克豬骨所釋放  $\text{Ca}^{2+}$  毫克數變化，進行觀察比較，結果如表 9。

表 9 可樂添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的影響

體積(ml)	對照組	2	4	6
濾後骨湯體積 (ml)	618	575	563	597
$10^{-3}\text{M}$ EDTA 消 耗體積(ml)	3.8	3	3.2	2.5
$\text{Ca}^{2+}$ mg/100g 骨	9.3	6.9	6.7	5.8
備註				

註：表格中結果數據皆為 2 次實驗結果之平均值。

2.由實驗結果(圖 h)顯示，可樂的添加量上升，反而會使骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量降低。



## 陸、 討論

- 一、 參考環保署公佈水中總硬度檢測方法，採用 EDTA 滴定法進行  $\text{Ca}^{2+}$  定量，並依檢測方法中將 PH 值控制在 10 左右，使 EDTA 與  $\text{Ca}^{2+}$  螯合的效果最完全。
- 二、 常聽人說熬煮豬骨高湯至少需熬煮兩個小時以上，因此以不同熬煮時間進行骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的實驗，實驗結果中(表 1 和圖 a)， $\text{Ca}^{2+}$  含量的確有隨著時間增加而增加，30~60 分鐘熬煮時間， $\text{Ca}^{2+}$  含量為最多，超過 60 分鐘以後， $\text{Ca}^{2+}$  含量稍微下降且持平不再增加，可能是受到骨湯中其他物質溶出的影響或干擾。
- 三、 為瞭解熬煮水量的多寡對  $\text{Ca}^{2+}$  釋放是否有影響，我們分別取 1000 和 1500 毫升去離子水的體積，分別進行熬煮，實驗結果顯示，在熬煮水量變化不太大的情況下(表 2、圖 b)水量的多寡並不會影響每 100 克骨頭的  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量。
- 四、 我們以廚房裡常使用的調味料做為添加劑，探討各種調味料對  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量的影響(表 3)，發現所有添加的調味料中，多數酸性物質可讓  $\text{Ca}^{2+}$  含量大為增加，推測出其原因，可能是因為豬骨中  $\text{Ca}^{2+}$  是以鈣的磷酸鹽方式存在，所以添加酸性物質有助於  $\text{Ca}^{2+}$  的釋放。但是同屬酸性的可樂除外，可樂的 PH 值約為 2~3，但卻無法使  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加，推測有可能是因為碳酸根離子的關係。
- 五、 添加廚房調味料的實驗結果中(圖 c)，首先我們發現食鹽的添加對  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量並沒有太大的影響。而我們也發現一般調味常添加的米醋對增加  $\text{Ca}^{2+}$  含量確實有效，但實驗中發現添加檸檬汁與維他命 C 的骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量比添加米醋的含量多，我們推測不同的酸對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放有不同影響。另外添加米醋的骨湯會有醋味，影響骨湯的口感，相較之下，添加檸檬汁或維他命 C 的骨湯不但沒有醋味，反而能使骨湯較為清香，所以我們建議，在熬煮骨湯的時候可以添加檸檬汁或維他命 C 來代替米醋。
- 六、 在添加廚房調味料的實驗中發現，因添加物種類的不同，熬煮後的骨湯色澤也不同(圖 7.)(圖 8.)，整體而言，以添加酸性化合物的骨湯較為澄清，因此，若要使骨湯色澤清澈，可添加酸性化合物使骨湯的顏色更加清澈。

- 七、 爲了要確定酸性物質對  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量的影響，我們進行了醋酸、鹽酸及其鹽類的實驗(表 4、圖 d)，根據比對結果中發現，影響  $\text{Ca}^{2+}$  釋放爲  $\text{H}^+$ ，並非酸根離子。因此，接著我們進行不同酸性化合物對於骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量之影響實驗(表 5、圖 e)，由結果中發現，不同酸性化合物確實對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量有不同影響，強解離的強酸，效果最佳。
- 八、 爲了與酸性物質做比較，分別進行了幾組添加鹼性化合物於骨湯中的實驗 (表 6、圖 f)，結果發現添加鹼性化合物，非但無法讓  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加，反而會使骨湯中的  $\text{Ca}^{2+}$  的含量降低，而其中以添加含有碳酸根離子的鹼性化合物會使骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量較少。推測原因可能爲碳酸根離子與骨湯中的  $\text{Ca}^{2+}$  形成  $\text{CaCO}_3(s)$  沉澱。
- 九、 在醋酸與米醋添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的影響(表 7.)(表 8.)(圖 g)，實驗中發現隨著米醋或醋酸的添加量增多， $\text{Ca}^{2+}$  含量也會隨之上升，但是醋的添加量越多，骨湯醋味越重，會影響湯品美味，所以在添加醋時也要考慮湯品的美味。
- 十、 爲了瞭解可樂添加量對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的影響，我們逐步增加可樂的體積(表 9、圖 h)，發現可樂添加越多， $\text{Ca}^{2+}$  含量反而越少，推測可能也是碳酸根離子的關係。

## 柒、 結論

- 一、 針對  $\text{Ca}^{2+}$  釋放的骨湯的熬煮時間以 30~60 分鐘所釋放的  $\text{Ca}^{2+}$  最多，而熬煮所添加的水量在變化不大的狀況下，對  $\text{Ca}^{2+}$  的釋放並無太大影響。
- 二、 一般廚房調味料的添加實驗中，多數酸性物質確實讓骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量明顯增加，但可樂因含碳酸根離子的關係，反而使  $\text{Ca}^{2+}$  的含量下降。添加食鹽，則對  $\text{Ca}^{2+}$  含量無較明顯變化；添加米醋和檸檬汁可使骨湯中的  $\text{Ca}^{2+}$  含量增加 3~4 倍；維他命 C 可增加 7 倍；添加醋精的組別  $\text{Ca}^{2+}$  增加了 18 倍。

- 三、 在骨湯中加檸檬汁的  $\text{Ca}^{2+}$  含量比米醋高，且能使骨湯較清澈，建議熬煮骨湯可添加少量檸檬汁，不但對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量有幫助且味道較清香，而維他命 C 也對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  釋放量有很明顯增加的效果。
- 四、 酸性化合物有助於骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  的釋放，而不同酸性化合物對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量有不同影響，添加強酸的骨湯中  $\text{Ca}^{2+}$  含量較多，所以  $\text{H}^+$  的量又直接影響  $\text{Ca}^{2+}$  的釋放量。
- 五、 鹼性化合物不能使骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的增加，反而使  $\text{Ca}^{2+}$  的含量變少，其中，以添加含碳酸根離子的鹼性化合物對骨湯  $\text{Ca}^{2+}$  含量的減少最明顯。

## 捌、 參考資料

- 一、 環保署(民國 95 年)。水中總硬度檢測方法—EDTA 滴定法。(NIEA W208.51A)  
取自 <http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W20851A.htm>
- 二、 楊寶旺、戴火木、徐惠麗/(民國 93 年)。分析化學。高立圖書有限公司。
- 三、 骨頭不宜長時間煮。<http://www.epochtimes.com/b5/5/3/15/n849489.htm>
- 四、 正確添鈣、補骨，從食物及運動做起。  
<http://www.epochtimes.com/b5/5/9/3/n1039972.htm>



<圖 1.>秤重



<圖 2.>熬煮



<圖 3.>抽氣過濾



<圖 4.>EDTA 溶液滴定



<圖 5.>滴定終點



<圖 6.>滴定前與滴定後之骨湯顏色



<圖 7.>對照組、米醋、可樂、食鹽



<圖 8.>對照組、檸檬汁、醋精、維他命 C



【評語】 040201

作品能自日常生活中取材並設計改良，其用心足堪嘉許；惟實驗重覆及結果之實用性有待改進。