

投稿類別：化學類

篇名：是酸?還是鹼?—探討檸檬與食物酸鹼值測定分析

作者：

王滢捷。台北市私立景文高中。三年 3 班

指導老師：

王連庸老師

賴致融老師

壹●前言

一、研究動機

每當夏日炎炎，檸檬盛產的季節，走一趟市場，處處可見一籃又一籃的檸檬，一杯冰涼檸檬紅茶令人食指大動，喝下沁涼爽口；檸檬酸也是媽媽洗滌廚房或蔬果的好幫手；而我們生活中，檸檬製成各式合成香料也無所不在；記得在化學課上課的時候，老師提到檸檬是酸性物質，嚐起來酸酸的檸檬，卻是鹼性食物？



根據資料文獻，有一種稱為「神秘果」(學名：*Synsepalum dulcificum*)，又名變味果、蜜拉聖果，屬於山欖科多年生矮生灌木，原產西非熱帶地區，1960年代引入中國後，在廣東、廣西、雲南、海南等地都有種植。其他國家如越南、臺灣、菲律賓、馬來西亞也有栽種。果實紅紅小小的就像枸杞子一樣，但是成熟的神秘果會有種子，只要吃果肉即可。吃過神秘果之後不管是吃檸檬、橘子、柳丁通通會變得超甜欸!引起本研究動機:如何分辨食物酸鹼呢?食物的酸鹼性在化學與味蕾感覺上有何不同?



二、研究目的

蒐集文獻去了解檸檬各部分酸鹼性後，以實驗滴定與灰化/碳化法探討食物成分酸鹼分析。再嘗試檢測各類食物酸鹼度去解釋食物的酸鹼性在味蕾感覺上差別。

三、實驗器材及設備

(一)研究器材

品名/規格/數量	用途	品名/規格/數量	用途
微波爐*1	食物切片	量筒*1	測量液體
榨汁機*1	使食物乾燥碳化	燒杯*1	方便氧化物與蒸餾水混合
試管夾*6	夾起坩鍋	滴管 50ml*10	滴入指示劑
坩鍋*2	放置需加熱的食物	錐型瓶 100ml*10	方便觀察
酒精燈*2	加熱	漏斗*1	過濾
微波爐*1	加快加熱速度	濾紙*1	過濾
泥三角*2	灰化反應	石蕊試紙*1	測量酸鹼
三腳架*2	隔絕酒精燈	BTB 指示劑*1	測量酸鹼
抽氣機*1	使空氣流通	蒸餾水*1	與氧化物混合

是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定

電子秤*1	秤重	小刀*1	分割食物
		食用白醋 4.5%*1	酸滴定標準溶液





(二)觀察及書面設備

品名	規格/數量	用途/備註
電腦	1 台	紀錄、找尋資料
相機	1 台	紀錄
文書軟體	一套	WORD/EXCEL

四、實驗設計: 先測定檸檬性質後，再檢測各類食物酸鹼度去解釋食物的酸鹼性

實驗一、檸檬酸鹼測試:

- 檸檬切片
- BTB 指示劑滴在切片檸檬上方觀察，實驗並紀錄。(顏色成為黃色)


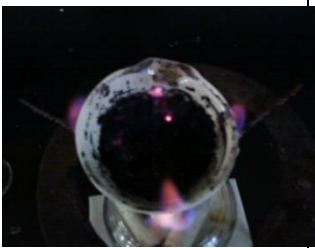


			
檸檬皮(呈酸性)	檸檬汁(呈酸性)	檸檬肉(呈酸性)	檸檬子(呈酸性)

實驗二、檸檬碳化與灰化處理:

- 檸檬切片,並把汁、肉、皮、子分開，各取出一小部份將 BTB 指示劑滴在各檸檬部位上方觀察紀錄。
- 檸檬各部位先放入微波爐、微波三分鐘使檸檬焦黑碳化，BTB 指示劑滴入各冷卻檸檬部位，並記錄。
- 乾燥的檸檬放入坩鍋並加熱使檸檬氧化成灰。
- BTB 指示劑滴入各冷卻檸檬部位坩鍋中觀察、並紀錄。(顏色成為藍色)

實驗三、檸檬含鹼量分析：

- 檸檬切片,並把汁、肉、皮、子分開秤重，各取 2.5g。
- 檸檬的汁、肉、皮、子分別放入微波爐、微波三分鐘使檸檬的汁、肉、皮、子 乾燥。
- 乾燥的汁、肉、皮、子放入坩鍋並加熱使檸檬的汁、肉、皮、子氧化成灰，冷卻後倒入燒杯中。
- 用 15 ml 蒸餾水放入坩鍋 (分三次)均勻混合後倒入已分類燒杯中，再加入 BTB 指示計配成被滴定測量溶液，再移至錐型瓶中貼上標籤。
- 用滴管滴定，計算其滴入數量填入實驗表格。

			
將檸檬汁、子、皮、肉加熱	加熱至氧化	滴入 BTB 指示劑	觀察結果



實驗四、測定檸檬各部位酸鹼：

- 單顆檸檬切片,並把汁、肉、皮、子分開秤重紀錄。
- 檸檬的汁、肉、皮、子分別放入微波爐、微波三分鐘使檸檬的汁、肉、皮、子乾燥。
- 乾燥的汁、肉、皮、子放入坩鍋並加熱使檸檬的汁、肉、皮、子氧化成灰，冷卻後倒入燒杯中。
- 用 25 ml 蒸餾水放入坩鍋 (分三次)均勻混合後倒入已分類燒杯中，再加入 BTB 指示計配成被滴定測量溶液，再移至錐型瓶中貼上標籤。
- 用滴管滴定，計算其滴入數量填入實驗表格。

實驗五、各類食物的酸鹼度設定：分別將食物中: 代表性肉類、蔬果及其他各 10g，測試如下

豬肉	魚肉	雞肉	香蕉	青椒	茶葉	咖啡粉	口香糖
----	----	----	----	----	----	-----	-----

- BTB 指示劑滴在各種食物上方觀察，發現並紀錄。
- 放入微波爐、微波三分鐘，使食物乾燥碳化。
- BTB 指示劑滴入坩鍋中觀察並紀錄。
- 乾燥的食物放入坩鍋並加熱使食物氧化成灰。
- BTB 指示劑滴入坩鍋中觀察並紀錄。

	
將食物加熱	加熱至氧化狀

貳●正文

一、文獻探討

檸檬氣味芬芳，是許多飲品、甜點和菜餚的最佳配料，但果肉卻酸得難以入口，不宜鮮食，這主要是因為檸檬的果汁中含有大量果酸，其中最主要的檸檬酸比例高達 5%以上。



是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定

檸檬的皮則分為兩層：最外層含有精油，主要由 90%的檸檬烯、5%的檸檬醛，以及少量其他醛類和酯類。內層不含精油，但儲存有多種苦黃酮苷和香豆素衍生物。

檸檬營養豐富，是維生素 C 的優質來源，同時也是維生素 B6、鉀、葉酸、黃酮類化合物和重要的植物生化素檸檬烯的來源。從上個世紀 90 年代開始就有科學家發現，檸檬及其他幾種柑橘屬水果中富含的檸檬苦素、黃酮類化合物、類胡蘿蔔素、葉酸等成分在癌症研究中展現出了不錯的抗癌潛力，於是對這個方向的探索就此展開。(泛科學，2017)

酸鹼值對於健康的重要性。因為人體的各項生理活動，要靠多種酵素的作用，才能維持功能正常；而酵素的活動，與體內的酸鹼值息息相關，因此酸鹼值的平衡，主要是為了提供酵素作用的良好環境。所謂酸鹼償，通常以 PH 值代表，大於 7 的是鹼性，小於 7 就是酸性；而人體正常的 PH 值約為 7.4，略偏鹼性，無論過高或過低，都會造成生理失調。(郝龍斌，1999) 根據文獻，檸檬對化學性質屬於酸性，卻屬於鹼性食物：鹼也因為食物對水是否溶解而測不出答案，只有碳化法再加指示劑檢測，吻合食物學中酸鹼食物。而化學酸鹼指用酸鹼指示劑直接測量物質酸鹼，食物學中的酸鹼是磷、氯、硫化物與礦物質含量多寡，或是經過碳化作用後的剩餘物質所測酸鹼值。例如：一般的口香糖加熱碳化後為酸性物質，代表口香糖含酸性物質磷、氯、硫化物多。

檸檬的皮、肉、子、汁直接測酸鹼值都是酸的，故檸檬絕對是酸性食物，而食物營養學上說檸檬因富含金屬礦物質，把它稱為鹼(礦物質多)性食物，並不是檸檬具有鹼性，而是檸檬是富含礦物質(鹼性)的酸性水果。至於肉類(雞肉、魚肉、豬肉)富含磷、氯、硫化物較礦物質多，碳化後成酸性，蔬果類礦物質含量比磷、氯、硫化物含量多，碳化後成鹼性。

由各種食物的酸鹼實驗得知食物中均含有鹼性物質，不是只有蔬果類食物，肉類、魚類及其他物質均含有鹼性物質，就如同我們身體內含有各種礦物質，像紅血球含鐵、細胞含鉀與鈉、骨骼含鈣一樣，在在關係著我們的健康。故蔬菜、水果等植物類因含有較多鹼性物質(礦物質) 碳化後呈鹼性(如實驗檸檬、青椒、香蕉、茶葉、咖啡粉)，動物的肉因含有較多酸性物質(磷、硫、氯)碳化後呈酸性(如實驗豬肉、魚肉、雞肉)，這是無法用品嚐或觀察，甚至直接測量酸

二、討論與分析: 參考文獻與實驗結果比對差異

酸鹼性食物的區分，一般人認為靠舌頭品嚐是錯誤，以味覺來判定，是酸味或澀味；或有取石蕊試紙，按理化特性，看其顏色之改變或變藍為鹼性，變紅為酸性；或以平日飲食之經驗來區分，如檸檬、醋、橘子……屬酸性，但某些書本卻說檸檬、橘子、蘋果為鹼性食物。或以訛傳訛，或自相矛盾，眾說紛紛。其實食物的酸鹼性，決定於食物中所含礦物質的種類及含量多寡比率而定。

人類必要礦物質中，與食物的酸鹼性有密切關係者有八種：鉀、鈉、鈣、鎂、鐵、磷、氯、硫。前五種，到了人體之後，就呈現鹼性，(鹼性元素)。當某一類食物被判定酸鹼性時，

是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定

完全依據酸性元素、鹼性元素的含量比率而定，實驗室裡將食物經過燃燒，燒成灰質（100克食物放在坩堝加熱），再取出以水溶解，滴定其酸鹼度。因為食物燃燒後，剩下灰質，就會殘留上述八種礦物質，溶解後離子化，就可訂出其酸鹼度。

燃燒法模擬人們所吃的食品，經由胃的消化，腸的分解、吸收，乃是一連串體內燃燒之過程。體內燃燒與空氣中燃燒，幾乎是相似狀態，故營養醫學上，採用這種方法來分類食物的酸鹼度。檸檬等水果原本的酸性會因氧化(燃燒)作用而成二氧化碳與水排出生物體外。檸檬鹼性物質大部分為金屬化合物，燃燒後成氧化物灰，無法形成氣體排出體外，而存在於人體中被吸收。動物的肉含酸性物質(磷、硫、氯)灰化後，亦無法形成氣體排出體外，而存在於人體中被吸收。從檸檬各部位灰化剩餘與鹼度分析發現有正相關，代表灰越多，鹼性也越強，故可以歸納為灰化檸檬反應產生的灰以鹼性物質為主。根據實驗觀察，檸檬汁、肉、皮、子的部位分析如下：

	外皮	果肉	種子	組織液汁
鹼性物質含量(g)	3.4	2.4	2	1

鹼性物質含量比值：檸檬外皮最高>檸檬果肉>檸檬種子>檸檬汁。實驗以白醋（4.5%含水醋酸）為標準，每1g檸檬汁鹼度約只有0.8ml的白醋量，換算成重量為0.032g白醋量，可知其含量之微小。綠色檸檬皮的灰化鹼性含量最高，代表其礦物質成分高，是檸檬汁的3.4倍。檸檬汁中大部分重量為水重，鹼性物質含量比例遠低於檸檬種子、果肉、皮含鹼量。碳化與灰化應前後之酸鹼性實驗結果整理如下，（紅色試紙最後顏色、藍色試紙最後顏色）

食物種類	碳化前	碳化後	灰化後
檸檬	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
檸檬子	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
檸檬汁	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
檸檬肉	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
檸檬皮	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
青椒	中性（紅、藍）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
雞肉	中性（紅、藍）	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)
魚肉	中性（紅、藍）	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)
豬肉	中性（紅、藍）	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)
香蕉	中性（紅、藍）	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
茶葉	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
咖啡粉	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)	鹼性(藍、藍)
口香糖 A	中性（紅、藍）	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)
口香糖 B	中性（紅、藍）	酸性（紅、紅）	鹼性(藍、藍)

碳化反應(微波焦化反應): 我們利用微波加熱，發現其溫度可以焦化食物，但因為溫度約在水的沸點100度C左右，因此容易使碳酸類產生CO₂與水揮發，降低了酸性物含量。而動物性脂肪含有磷酸，硫化物，氯化物等在此溫度易產生有機酸，因高沸點不會揮發，容易偵

是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定
測到酸性結果。

灰化反應: 同網路文獻的灰化法結果食物全是鹼性物質就沒有酸性物質, 所以酸性物質在高溫下容易反應氣化揮發, 就如同石油化學工廠、塑膠工廠、汽機車引擎的高溫燃燒下易分解酸性物質到高空中, 高空冷卻後易造成酸雨降入地面一樣, 灰化食物時酸性物質在高溫下容易形成氧化揮發物質。

檸檬各部位酸度檢測結果: 相同重量下含鹼量分析: (單位: 滴)

檸檬部位	外皮	肉	汁	種子
灰化前重量(g)	2.5	2.5	2.5	2.5
灰化後重量(g)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1g
第 1 次	6	5	2	4
第 2 次	7	4	2	4
第 3 次	7	5	2	4
平均	6.7	4.7	2	4

物質灰化前後重量差別很大, 大部分物質在高溫灰化下均揮發至空氣中, 能在高溫灰化剩下只有非常少量的物質。檸檬是一種很有意思的食物, 我們將其概略分成等重的四種部位: 檸檬外皮、去汁的檸檬內部果肉、檸檬汁與檸檬子, 將其灰化後, 用市售的 4.5% 白醋來滴定發現鹼性物質含量: 檸檬外皮最高 > 檸檬果肉 > 檸檬種子 > 檸檬汁, 通常我們只攝取檸檬汁是含鹼量最低的部位, 其他含高鹼性物質部位都當堆肥回收實在可惜。檸檬各部位鹼度分析(單位: 滴)如下

檸檬部位		外皮	肉	汁	種子
第 1 次	灰化前重量(g)	31.5	57.2	12.9	3.1
	灰化後重量(g)	0.2	0.3	<0.1	<0.1
	醋酸量(滴)	83	116	9	6
第 2 次	灰化前重量(g)	49.5	37.5	39.3	0.5
	灰化後重量(g)	0.3	0.1	<0.1	<0.1
	醋酸量(滴)	121	75	30	1
第 3 次	灰化前重量(g)	39.5	46.2	28.4	1.7
	灰化後重量(g)	0.2	0.2	<0.1	<0.1
	醋酸量(滴)	101	94	21	3
平均	$\frac{\text{醋酸量滴}}{\text{灰化前重量克}}$	2.54 滴/克	2.02 滴/克	0.734 滴/克	1.90 滴/克

實驗發現, 灰均溶入 25 ml 蒸餾水(分三次放入坩堝萃取出), 溶液均勻混合後配成 被滴定測量溶液, 以減少誤差。每顆檸檬所含的各部位含量均不同, 也沒有一定的比例。每顆檸檬中鹼性物質含量: 檸檬外皮最高 > 檸檬果肉 > 檸檬汁 > 檸檬種子, 通常我們只攝取檸檬汁是含

是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定

鹼量最低的部位，就算第二顆中檸檬汁重量大於檸檬肉，鹼性含量還是不到檸檬肉之半。

「.....實驗室裡食物經過燃燒，燒成灰質(100g 食物放在坩鍋加熱)，再取出以水溶解，滴定其酸鹼度...」在本研究實驗中並不可行，應該是燒成較低溫的碳化反應(用微波爐最佳)，甚至用酒精燈也要注意溫度與時間，不然也會使食物中的多數酸性物質氧化揮發，剩下的灰以鹼性物質為主，就無法測出酸性物質。「.....模擬人們所吃的食品，經由胃的消化，腸的分解、吸收，乃是一連串體內燃燒之過程。體內燃燒與空氣中燃燒，幾乎是相似狀態，故營養醫學上，採用這種方法來分類食物的酸鹼度。.....」人體體溫保持 37-38°C，故高溫灰化法的方式並不適合，實驗上也是如此，若要保留酸性物質應用較低溫度碳化法。

蔬菜、水果等植物類因含有較多鹼性物質(礦物質) 碳化後呈鹼性(如實驗檸檬、青椒、香蕉、茶葉、咖啡粉)，動物的肉因含有較多酸性物質(磷、硫、氯)碳化後呈酸性(如實驗豬肉、魚肉、雞肉)，這是無法用品嚐或觀察，甚至直接測量酸鹼也得不到答案，只有以碳化法在加指示劑檢測才是食物學的酸鹼食物。

雞肉、魚肉、豬肉在微波加熱後變焦黑，溶水用試紙檢測為酸性(BTB 指示劑亦同)，但在坩鍋灰化後卻改變特性，溶水用試紙檢測為鹼性(BTB 指示劑亦同)，重複多次實驗結果仍相同，這與文獻研究「....燒成灰質(100g 食物放在坩鍋加熱)，再取出以水溶解...」所得的結果不同。用微波爐加熱三分鐘，均可使食物焦化成碳，但不會像高溫燃燒，在此時食物中的酸鹼物質仍在，但水分與其他成分氧化揮發，尤其是油酯類的味道最為明顯。瓦斯加熱是高溫灰化，可以使多數酸性物質也氧化揮發，剩下的灰以鹼性物質為主。

參●結論

根據實驗結果，檸檬的皮、肉、子、汁直接測酸鹼值都是酸的，故檸檬絕對是酸性食物，而食物營養學上說檸檬因富含金屬礦物質，把它稱為鹼(礦物質多)性食物，並不是檸檬具有鹼性，檸檬是富含礦物質(鹼性)的酸性水果。本實驗得知，食物中均含有鹼性物質，不是只有蔬果類食物，肉類、魚類及其他物質均含有鹼性物質，就如同我們身體內含有各種礦物質，像紅血球含鐵、細胞含鉀與鈉、骨骼含鈣一樣，在在關係著我們的健康。肉類(雞肉、魚肉、豬肉)富含磷、氯、硫化物較礦物質多，碳化後成酸性，蔬果類礦物質含量比磷、氯、硫化物含量多，碳化後成鹼性。將各種食物各取相同重量，灰化後檢測其含鹼量看看何種食物含鹼量最高與其相互關係。本研究實驗結論如下：

- 食物學的酸鹼性是由氧化後所剩餘的物質酸鹼性決定，而非直接測得知酸性。端看食物中所含礦物質含量(鉀、鈉、鈣、鎂、鐵)與酸性物質(磷、硫、氯)含量多寡而決定。
- 由實驗得知:動物肉類多酸性(含磷、硫、氯多)，植物蔬果多鹼性(含鉀、鈉、鈣、鎂、鐵多)。水果酸易在氧化後成為二氧化碳與水而消失。
- 化學酸鹼是直接測量，食物學中的酸鹼是經過氧化作用後的剩餘物質所測酸鹼值。

肆●引註資料

- MOBILE(2017)，檸檬汁是鹼性，來自 <https://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=330&t=2755689>
- 泛科學(2017) 檸檬是治療癌症的良藥嗎？來自 <http://pansci.asia/archives/38105>
- 郝龍斌(1999)，食物的酸性與鹼性，《聯合報》1999.04.18
<http://www.chikung.org.tw/txt/health/1999/99041801.htm>
- 維基百科(2017)，檸檬，來自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AA%B8%E6%AA%AC>
- 維基百科(2017)，口香糖，來自 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/口香糖>
- 維基百科(2017)，神秘果，來自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A5%9E%E7%A7%98%E6%9E%9C>
- 《科學發展》2005年11月，395期，28~37頁

附件一、實驗數據紀錄

將檸檬分成檸檬皮、檸檬肉、檸檬汁、檸檬子 四個部份，分別作以下實驗

(一) 相同重量下含鹼量分析：

1. 使用電子秤最小單位 0.1 克。
2. 使用 4.5%食用白醋為酸滴定標準溶液。
3. 灰均溶入 15 ml (分三次萃取)水溶液中均勻混合後過濾配成被滴定測量溶液。
4. 用滴管滴定，計算其滴入數量填入實驗表格。

檸檬部位	外皮	肉	汁	種子
灰化前重量	2.5 克	2.5 克	2.5 克	2.5 克
灰化後重量	小於 0.1	小於 0.1	小於 0.1	小於 0.1
第一次實驗量(單位：滴)	6	5	2	4
第二次實驗量(單位：滴)	7	4	2	4
第三次實驗量(單位：滴)	7	5	2	4
平均量	6.7	4.7	2	4

(二) 單顆檸檬各部位鹼度分析

檸檬部位		外皮	肉	汁	種子
實 驗 01	灰化前重量	31.5 克	57.2 克	12.9 克	3.1 克
	灰化後重量	0.2 克	0.3 克	小於 0.1 克	小於 0.1 克
	醋酸量(單位：滴)	83	116	9	6
實 驗 02	灰化前重量	49.5 克	37.5 克	39.3 克	0.5 克
	灰化後重量	0.3 克	0.1 克	小於 0.1 克	小於 0.1 克
	醋酸量(單位：滴)	121	75	30	1
實 驗	灰化前重量	39.5 克	46.2	28.4	1.7 克
	灰化後重量	0.2	0.2	小於 0.1 克	小於 0.1 克

是酸?還是鹼?—探討分析食物酸鹼值測定

03	醋酸量(單位：滴)	101	94	21	3
平均	$\frac{\text{醋酸量滴}}{\text{輝化前重量克}}$	2.545 滴/克	2.021 滴/克	0.7335 滴/克	1.900 滴/克

灰均溶入 30 ml (分三次萃取)水溶液中均勻混合後過濾配成被滴定測量溶液。