

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

031631

啊！我的牙——探討可樂和零卡可樂對牙齒的侵蝕研究

學校名稱：國立高雄師範大學附屬高級中學

作者：  國二 廖君桓  國二 齊威  國二 左惠心	指導老師：  廖幸芝  林吟珊
--	-----------------------------

關鍵詞：碳酸飲料、代糖、牙菌斑

## 摘要：

我們拿市面販售的可樂及零卡可樂做實驗，觀察它對牙齒的侵蝕性。以牙齒主要成分磷酸鈣模擬牙齒，並以可樂中最主要的化學成分：磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉、碳酸氫鈉等藥品來研究其對牙齒的侵蝕性。發現單一藥品侵蝕量以檸檬酸佔最多的侵蝕量，混合檸檬酸鈉時，會減少對磷酸鈣的侵蝕，為減少可樂對牙齒的侵蝕，在可樂中加入食鹽，發現食鹽也會降低可樂對牙齒的侵蝕；令人驚奇的是，零卡可樂對牙齒和磷酸鈣的侵蝕量比有糖可樂多。由於牙齒蛀牙，也和口腔中牙菌斑有關，為進一步了解可樂對牙齒侵蝕與蛀牙的影響，利用可樂與零卡可樂培養基培養牙菌斑，零卡可樂較可樂易滋生更多牙菌斑，由實驗結果顯示，我們推測零卡可樂更易導致侵蝕與蛀牙，顛覆以往認為含糖可樂可能導致牙齒侵蝕較多，容易導致蛀牙的想法。

## 壹、研究動機：

某天，看到電視零卡可口可樂的廣告，吸引了我們的興趣。某天，我們一同上網查資料，突然發現，有報告說：可樂是會侵蝕牙齒與並且因糖分会導致牙菌斑的滋生而產生蛀牙，引發了我們的好奇心。為了一探可樂對牙齒之間的影響，我們便展開這一連串的實驗。

## 貳、研究目的：

- 〈一〉可樂和零卡可樂對牙齒的侵蝕大小。
- 〈二〉以牙齒的主要成份—磷酸鈣模擬牙齒，觀察可樂、零卡可樂和可樂加食鹽是否會侵蝕磷酸鈣。
- 〈三〉觀察可樂和零卡可樂中的主要成分—碳酸氫鈉、磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉、阿斯巴甜、醋磺內酯鉀對磷酸鈣侵蝕情形。
- 〈四〉觀察可樂中的鹽類---檸檬酸鈉，在混合碳酸氫鈉、檸檬酸和磷酸後，其溶液對磷酸鈣的侵蝕。
- 〈五〉可樂和其主要各成分加食鹽對磷酸鈣的侵蝕情形。
- 〈六〉可樂、零卡可樂、各成分與各成分加食鹽之後的 pH 值與侵蝕性的關係。
- 〈七〉可樂、零卡可樂、可樂加食鹽和各種成分對牙菌斑滋生的影響

## 參、研究設備與器材：

### 一、設備：

名稱	數量	名稱	數量	名稱	數量
試管	30 支	試管架	1 個	濾紙(100 入)	4 盒
刮杓	3 支	滴管	3 支	秤量紙 (100 入)	1 盒
玻棒	5 支	L 形玻棒	5 支	接種環	5 支
電子天平	1 台	滅菌鍋	1 台	無菌操作台	1 台
烘箱	1 台	抽濾機	1 台	抽濾漏斗	1 個
抽濾瓶	1 個	酒精燈	1 個	噴壺	1 個
微量吸量管	1 支	Tipe	1 盒	培養皿 (消毒過的)	20 個

### 二、藥品：

名稱	數量	名稱	數量	名稱	數量
磷酸鈣	1 瓶	檸檬酸鈉	1 瓶	檸檬酸	1 瓶
碳酸氫鈉	1 瓶	磷酸	1 瓶	醋磺內酯鉀	100g
阿斯巴甜(20 入)	5 包	可樂	4 瓶	零卡可樂	4 瓶
牙菌斑測試劑	1 瓶	酒精(75%)	1 公升		
培養基計數洋菜粉 (Plate Count Agar)	1 瓶	營養液體培養基(Nutrient broth)	1 瓶		

## 肆、研究過程

實驗一：可樂和零卡可樂對牙齒的侵蝕大小

實驗 1-1：固定反應時間，不同量的可樂，對牙齒的侵蝕量之多寡。

步驟：1.分別在 9 個試管中，放入已稱重的牙齒，以 3 支試管為一組，分成 3 組，標示為第一 ~ 三組。

2.分別在各組試管中加入 5、10、15ml 的可樂。

3.依組別放置 20 分鐘、30 分鐘，和 40 分鐘，進行實驗。

4.待反應時間到達，取出牙齒用蒸餾水清洗。

5.烘乾後稱重，牙齒原重減去秤出的質量，即為所求，觀察結果並紀錄。

實驗 1-2：固定反應時間，不同量的零卡可樂，對牙齒的侵蝕量之多寡。

步驟：1.同實驗 1-1 步驟，將可樂改成零卡可樂。

實驗二：以牙齒的主要成份—磷酸鈣模擬牙齒，觀察不同種可樂是否會侵蝕磷酸鈣

實驗 2-1：固定可樂量，在不同時間，可樂對磷酸鈣的侵蝕多寡。

步驟：1.分別將六個內含已稱 1g 磷酸鈣的試管，加入 5ml 的可樂。

2.反應時間分別為 10、20、30、40、50、60 分鐘，進行實驗。

3.待反應時間到達，以濾紙過濾上述溶液，取濾紙上的沉澱物，用蒸餾水沖洗數次，放入烘箱。

4.烘乾後稱重，秤出的質量減去已秤的空濾紙的質量，觀察結果並紀錄。

實驗 2-2：固定可樂量，在不同時間，零卡可樂對磷酸鈣的侵蝕多寡。

步驟：1. 同實驗 2-1 的步驟，將可樂改成零卡可樂。

實驗三：觀察可樂中的主要成分—碳酸氫鈉、磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉、阿斯巴甜、醋磺內酯鉀對磷酸鈣侵蝕情形與其酸鹼值

實驗 3-1：固定反應時間，不同濃度的碳酸氫鈉溶液對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.每組試管分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5M 的碳酸氫鈉水溶液 5ml。

2.將步驟 1 配置好的溶液各加入 1g 的磷酸鈣。

3.反應時間各組分別為 10~50 分鐘，進行實驗。

4.待反應時間到達，以濾紙過濾上述溶液，取濾紙上的沉澱物，用蒸餾水沖洗數次，放入烘箱。

5.烘乾後稱重，秤出的質量減去已秤的空濾紙的質量，觀察並記錄之。

實驗 3-2：固定反應時間，不同濃度的磷酸對磷酸鈣侵蝕量。

步驟：1.每組試管分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5M 的磷酸 5ml。

2.同實驗 3-1 的步驟 2~5

實驗 3-3：固定反應時間，不同濃度的檸檬酸對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.每組試管分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5M 的檸檬酸水溶液 5ml。

2. 同實驗 3-1 的步驟 2~5。

實驗 3-4：固定反應時間，不同濃度的檸檬酸鈉對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.每組試管分別加入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5M 檸檬酸鈉水溶液 5ml。

2. 同實驗 3-1 的步驟 2~5

實驗 3-5：固定濃度，不同反應時間，10%阿斯巴甜和醋磺內酯鉀水溶液對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.取兩組試管，一組各加入 5ml 10%阿斯巴甜水溶液，另一組各加入 5ml 10%醋磺內酯鉀水溶液。

2.同實驗 3-1 的步驟 2~5。

實驗四：可樂中的成份在混和後，對磷酸鈣的侵蝕量

實驗 4-1：固定反應時間，碳酸氫鈉+檸檬酸鈉對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.在試管中，加入 0.3g 碳酸氫鈉和 0.3g 檸檬酸鈉，配置成 10ml 的水溶液。

2.將步驟 1 配置好的溶液各加入 1g 的磷酸鈣，放置 20 分鐘，進行實驗。

4.待反應時間到達，以濾紙過濾上述溶液，取濾紙上的沉澱物，用蒸餾水沖洗數次，放入烘箱。

5. 烘乾後秤重，秤出的質量減去已秤的空濾紙的質量，觀察並記錄之。

實驗 4-2：固定反應時間，磷酸+檸檬酸鈉對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1.同實驗 4-1 的步驟，改由 3ml 磷酸和 0.3g 檸檬酸鈉，配置成 10ml 的水溶液。

實驗 4-3：固定反應時間，檸檬酸+檸檬酸鈉對磷酸鈣的侵蝕量。

步驟：1. 同實驗 4-1 的步驟，改由 0.3g 檸檬酸和 0.3g 檸檬酸鈉，配置成 10ml 的水溶液。

實驗五：可樂和各成分加食鹽對磷酸鈣的侵蝕情形與其酸鹼值

實驗 5-1：固定反應時間，5ml 可樂和各成分的水溶液(0.5M)+食鹽，對牙齒的侵蝕量之多寡。

步驟：1.分別在 9 個試管中，放入 1 克重的磷酸鈣。

2.以 0.5M 的碳酸氫鈉、磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉和可樂分別配成食鹽濃度為 0.9%，放置 10~50 分鐘。

3.待反應時間到達，以濾紙過濾上述溶液，取濾紙上的沉澱物，用蒸餾水沖洗數次，放入烘箱。

4.烘乾後秤重，秤出的質量減去已秤的空濾紙的質量，觀察並記錄之。

實驗六：可樂、零卡可樂、各成分與各成分加食鹽之後的 pH 值。

實驗 6-1:測量可樂和零卡可樂的酸鹼值。

- 步驟: 1.校正 pH 儀。  
2.使用 pH 儀測量 pH 值。

實驗 6-2：測 0.5M 碳酸氫鈉、磷酸、檸檬酸、檸檬酸鈉水溶液與 10%的阿斯巴甜與醋磺內酯鉀的酸鹼值。

- 步驟: 1.校正 pH 儀。  
2.使用 pH 儀測量 pH 值。

實驗 6-3：測可樂和各成分 0.5M 的水溶液加入食鹽後的酸鹼值。

- 步驟: 1.校正 pH 儀  
2.使用 pH 儀測量 pH 值

實驗七：可樂和零卡可樂對牙菌斑滋生的影響

實驗 7-1：純化牙斑菌

步驟：

- 1.以 13g 營養液體培養基+ 1000 毫升 RO 水調製成液態培養基 (NB)。將其中 600ml 液體用錐形瓶裝成六罐。
- 2.用滅菌過的牙籤，取出牙菌斑，讓細菌在 NB 中培養一天。
- 3.由長滿牙菌斑的 NB 中取出 150ml，用 L 型玻棒均勻塗抹在 Agar 上，24 小時候，有單一菌落長出。
- 4.以牙菌斑指示劑滴至培養皿中，再以水輕微沖洗，將接種環燒紅之後，待其降溫，再以接種環將紅色的細菌撈至 NB 中培養，得到純的牙菌斑。

實驗 7-2：可樂、可樂、可樂+食鹽、零卡可樂、零卡可樂+食鹽、食鹽水、阿斯巴甜和醋磺內酯鉀做的培養基對牙菌斑的影響

步驟：

- 1.取可樂和零卡可樂各 150ml，分別加入 3.525 的 Agar 調製成可樂固態培養基 (Agar) 和零卡可樂 Agar。
- 2.將原製作法的溶液，改成 100ml 的水、0.14 克阿斯巴甜與醋磺內酯鉀，因為阿斯巴甜不能耐高溫，故用濾膜過濾，取 75ml 再加入 4.7g 的 Agar 蒸餾水溶液 75ml，製成阿斯巴甜與醋磺內酯鉀的。
- 3.將所有溶液瓶口塞上無菌紗布(無菌紗布之中塞滿棉花)，在瓶口包上鋁箔紙，放入滅菌鍋中，以 1.5 大氣壓、20 分鐘滅菌，洩壓後取出 NB 和 Agar。
- 4.在無菌操作台中，將所有 Agar 分裝在培養皿中，製作成對照組 Agar、可樂 Agar、可樂+食鹽 Agar、零卡可樂 Agar、零卡可樂+食鹽 Agar、食鹽水 Agar、阿斯巴甜 Agar 和醋磺內酯鉀 Agar。
- 5.將純種之牙菌斑以微量滴管取 0.05 毫升的純種牙菌斑滴在原本就已經製作完成的對照組 Agar、可樂 Agar、可樂+食鹽 Agar、零卡可樂 Agar、零卡可樂+食鹽 Agar、食鹽水 Agar、阿斯巴甜 Agar 和醋磺內酯鉀 Agar 上，以 L 形玻棒均勻塗抹在每一個角落，再以封口膜密封，放置於室溫下培養一天後，用簽字筆點數各盤的菌落。

## 伍、研究結果：

### 一、實驗一：可樂和零卡可樂對牙齒的侵蝕大小

實驗 1-1：相同反應時間，不同量的可樂，對牙齒的侵蝕量之多寡。

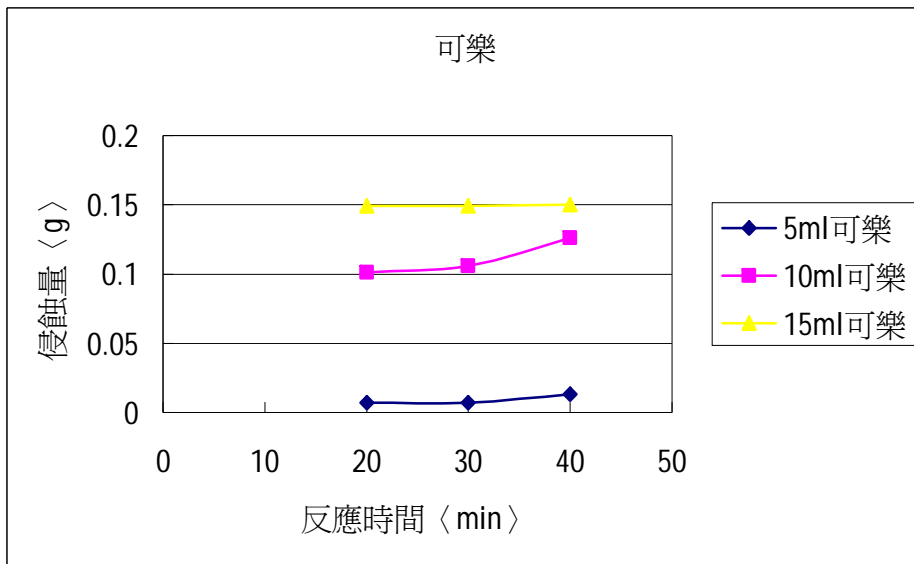


圖 1-1-1：相同時間不同可樂量，對牙齒侵蝕的變化

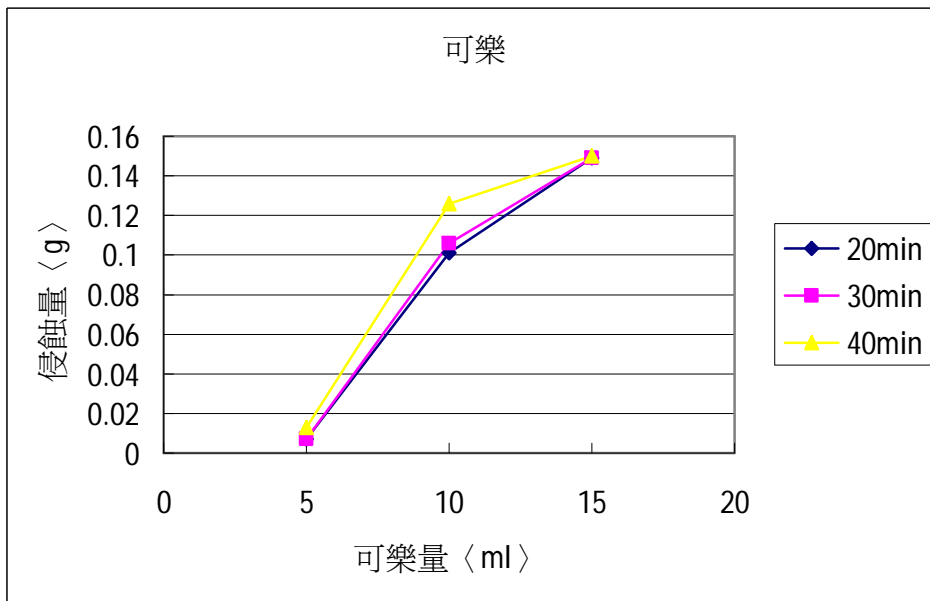


圖 1-1-2：相同可樂量，不同時間，對牙齒侵蝕的變化

1. 由圖 1-1-2 可以得知：  
〈1〉 15ml 可樂的侵蝕量 > 10ml > 5ml，即可樂量越多侵蝕越多。
2. 由圖 1-1-1 可以得知：  
〈1〉 40 分鐘的侵蝕量 > 30 分鐘 > 20 分鐘，但侵蝕量相差不大。

實驗 1-2：相同反應時間，不同量的零卡可樂，對牙齒的侵蝕量之多寡。

結果：

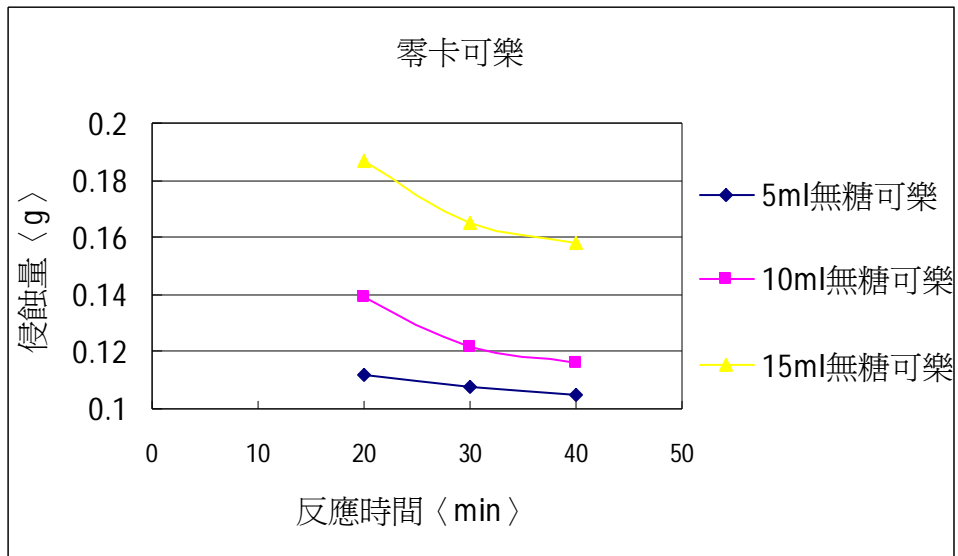


圖 1-2-1：相同時間不同零卡可樂量對牙齒侵蝕變化

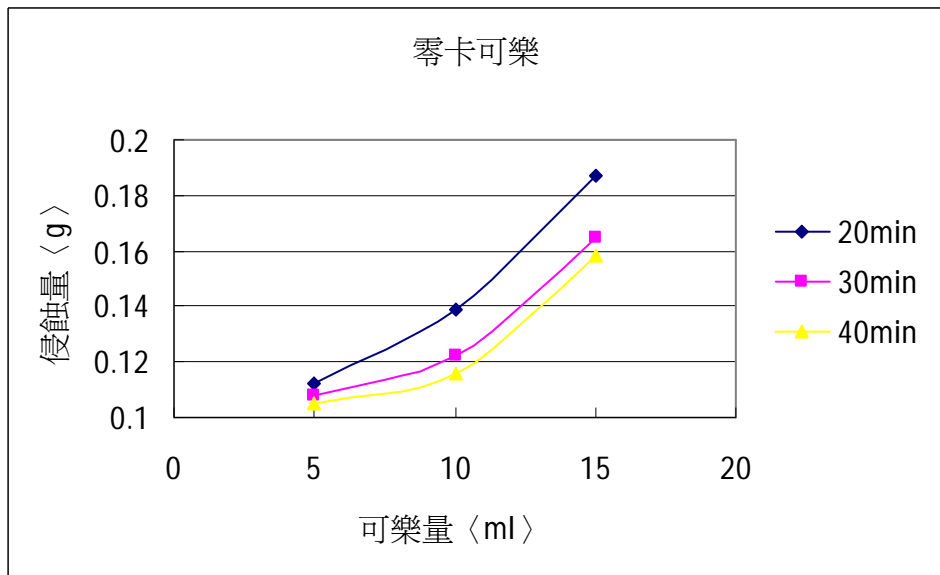


圖 1-2-2：相同零卡可樂量不同時間對牙齒侵蝕的變化

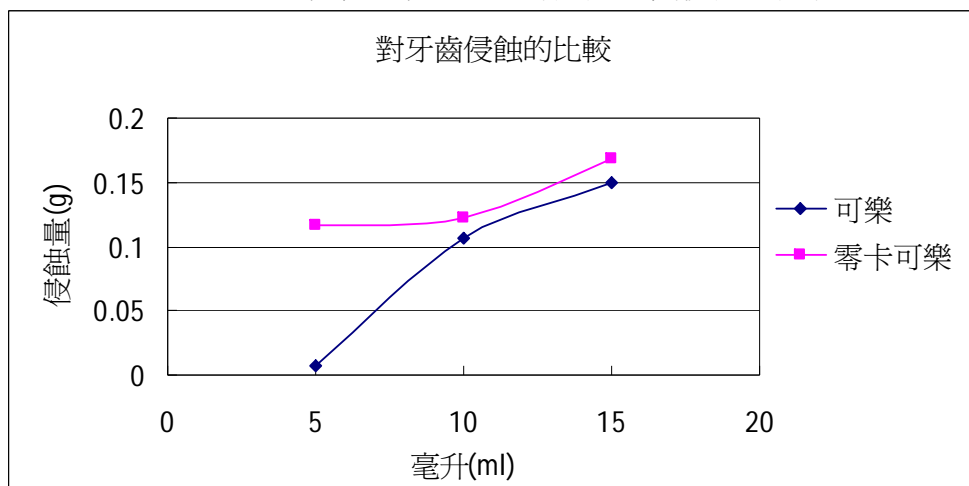


圖 1-2-3：30 分鐘，可樂和零卡可樂對牙齒侵蝕的變化

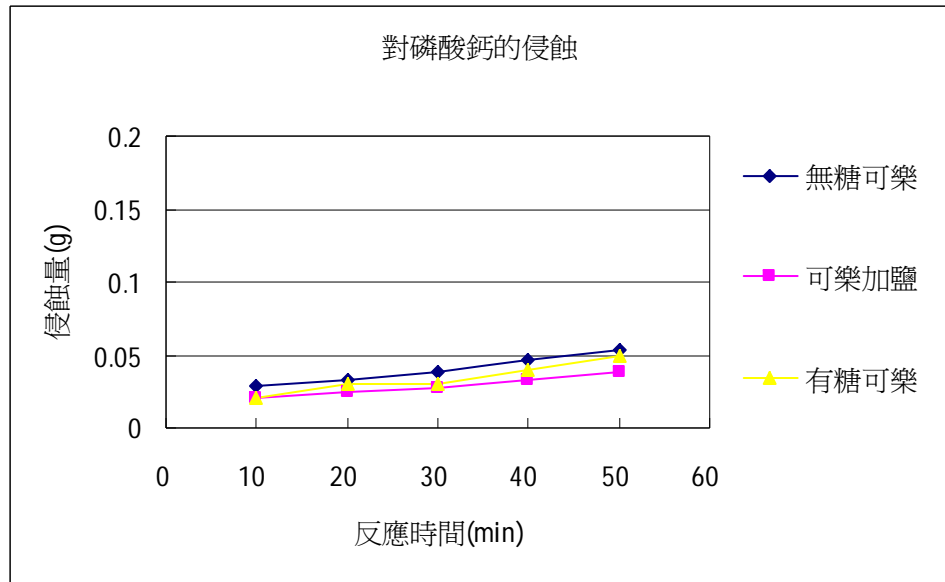


- 由圖 1-2-1 可得知：
  - 15ml 零卡可樂的侵蝕量 > 10ml > 5ml，即零卡可樂量越多侵蝕越多。
- 由圖 1-2-2 可得知：
  - 20 分鐘的侵蝕量 > 30 分鐘 > 40 分鐘，但侵蝕量相差不大。
- 由圖 1-2-3 可得知，零卡可樂對牙齒的侵蝕量較可樂大

實驗二：以牙齒的主要成份—磷酸鈣模擬牙齒，觀察不同種可樂是否會侵蝕磷酸鈣。

實驗 2-1 至 2-2：

結果：



圖

2-1-1：相同可樂量，不同時間對磷酸鈣的侵蝕情形

1. 由圖 2-1-1 可得知：

- 10 分時，侵蝕量最少。
- 50 分時，侵蝕量最多。
- 零卡可樂的平均侵蝕量 > 有糖可樂 > 可樂+食鹽的侵蝕量。

實驗三：觀察可樂中的成分會侵蝕磷酸鈣的強弱。

實驗 3-1：相同時間，1 克的磷酸鈣在不同濃度的碳酸氫鈉中，對磷酸鈣的侵蝕量的多寡。

結果：

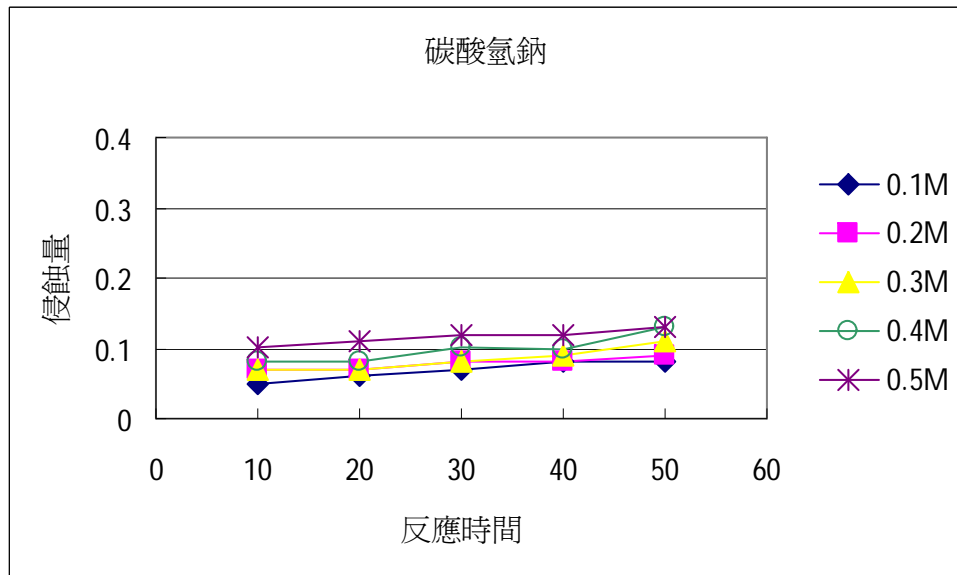


圖 3-1-1：相同濃度的碳酸氫鈉在不同時間對磷酸鈣之侵蝕。

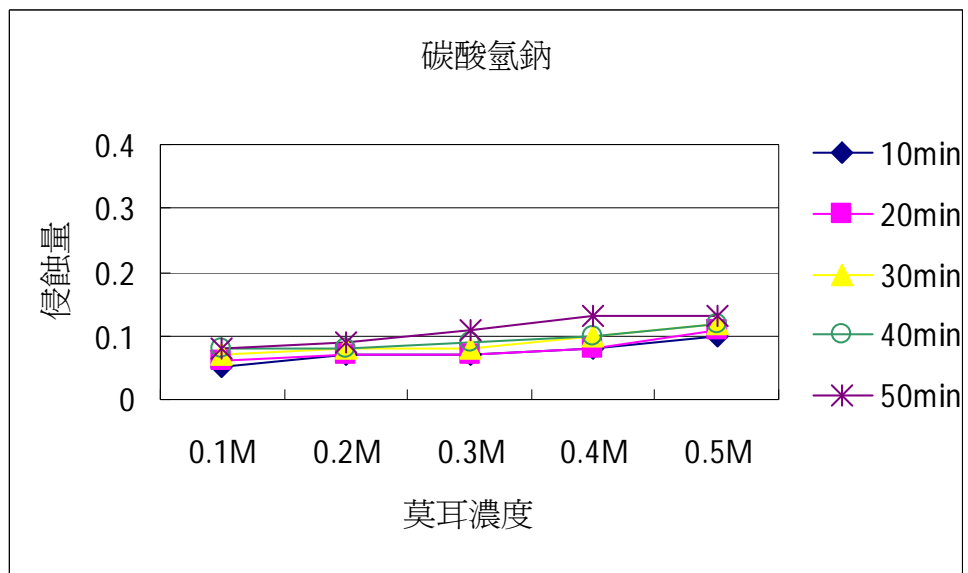


圖 3-1-2：同時間不同濃度的碳酸氫鈉對磷酸鈣之侵蝕。

1.由圖 3-1-1 可以得知：

- 〈1〉反應時間久，對磷酸鈣侵蝕越多。
- 〈2〉數據變化皆以 0.5M 的侵蝕量 > 0.4M > 0.3M > 0.2M > 0.1M，即碳酸氫鈉濃度越高時，對磷酸鈣侵蝕越多。

實驗 3-2：相同的反應時間，1 克的磷酸鈣在不同濃度的磷酸+水（共 5ml）中，對磷酸鈣侵蝕量的多寡。結果如下圖。

結果：

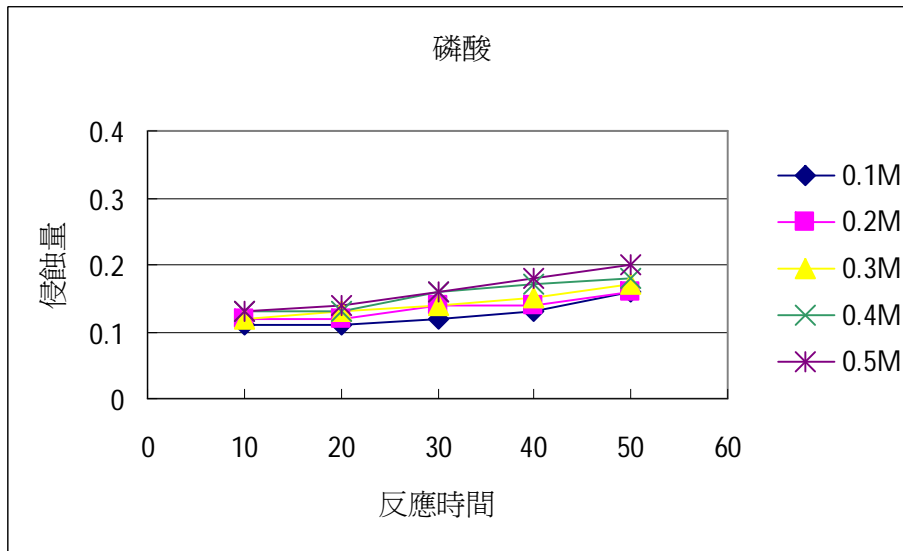


圖 3-2-1：相同時間不同濃度的磷酸對磷酸鈣的侵蝕變化。

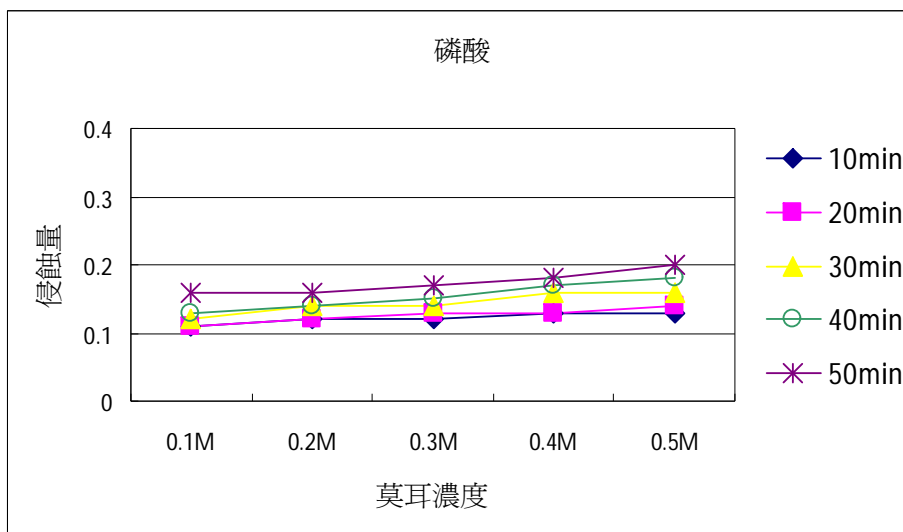


圖 3-2-2：相同濃度的磷酸在不同時間對磷酸鈣的侵蝕變化。

1. 由圖 3-2-1 可以得知：

- 〈1〉 反應時間越久，侵蝕量越大。
- 〈2〉 0.5M 的侵蝕量 > 0.4M > 0.3M > 0.2M > 0.1M。

實驗 3-3：相同的反應時間，1 克的磷酸鈣在不同濃度的檸檬酸中，對磷酸鈣侵蝕量的多寡。  
結果：

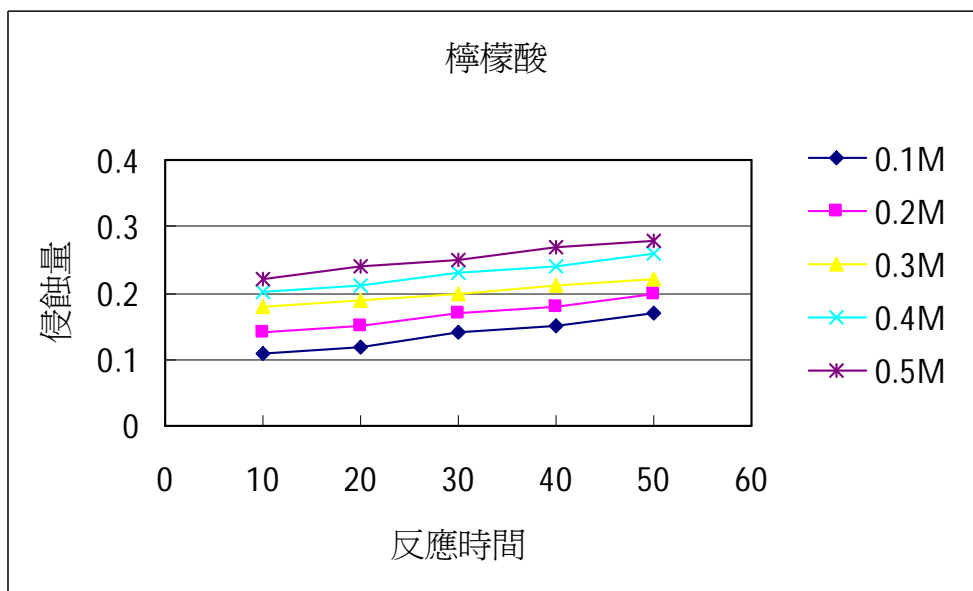


圖 3-3-1：相同時間不同濃度的檸檬酸對磷酸鈣的侵蝕變化。

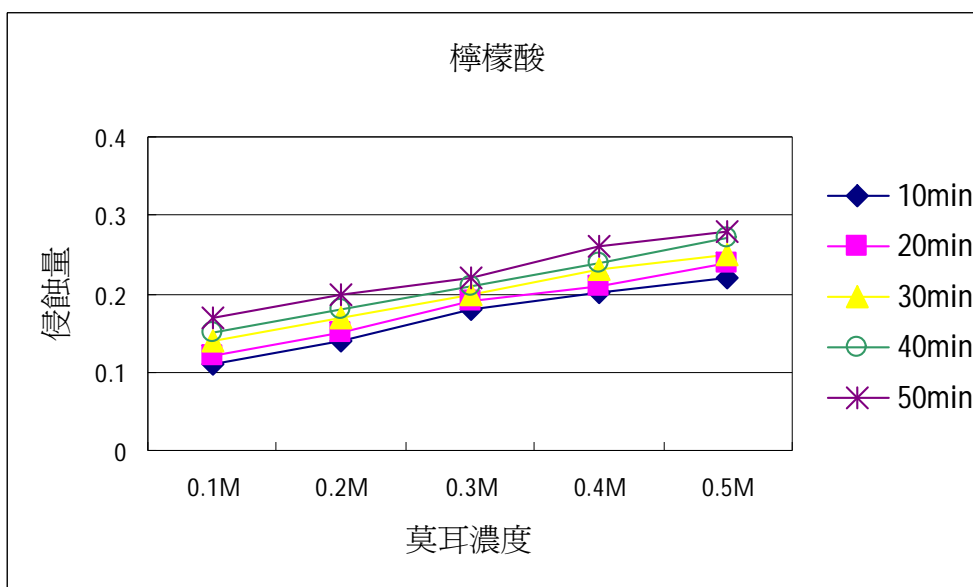


圖 3-3-2：相同濃度的檸檬酸在不同時間對磷酸鈣的侵蝕變化。

1. 由圖 3-3-1 可以得知：

- 〈1〉反應時間久，對磷酸鈣侵蝕越多。
- 〈2〉0.5M 的侵蝕量 > 0.4M > 0.3M > 0.2M > 0.1M。

實驗 3-4：相同的反應時間，1 克磷酸鈣在不同濃度的檸檬酸鈉中，對磷酸鈣侵蝕量的多寡。  
結果：

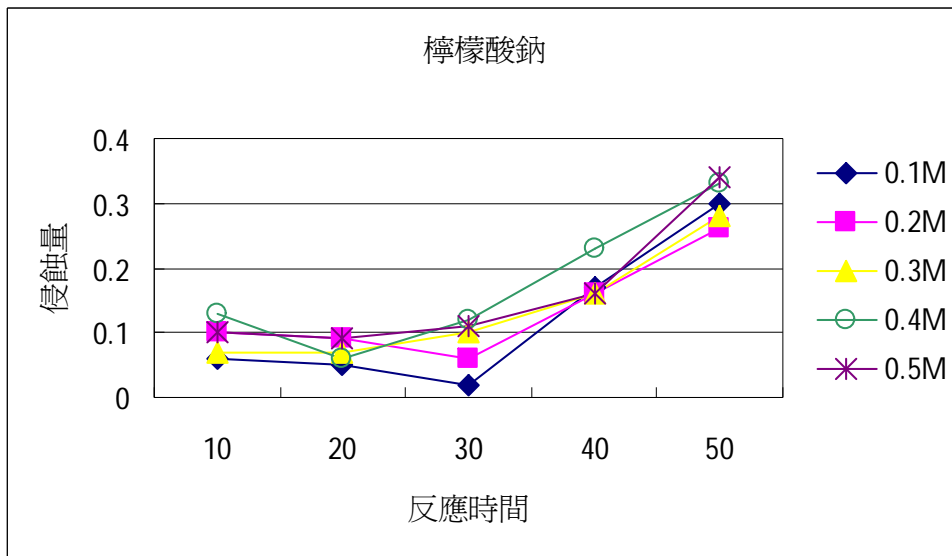


圖 3-4-1：相同時間不同濃度的檸檬酸鈉對磷酸鈣的侵蝕變化。

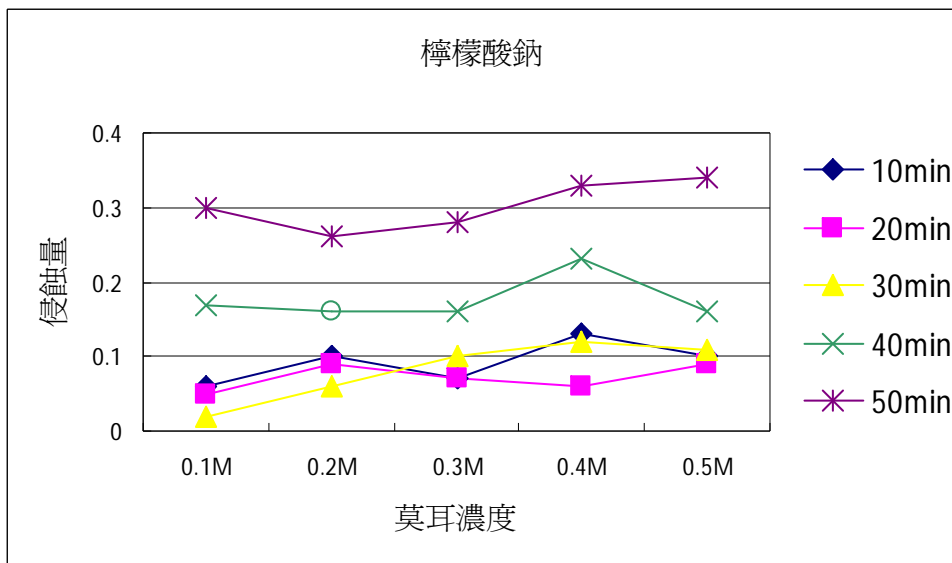


圖 3-4-2：相同濃度的檸檬酸鈉在不同時間對磷酸鈣的侵蝕變化。

1.由圖 3-4-1 可以得知：

- 〈1〉反應時間久，對磷酸鈣侵蝕越多。
- 〈2〉0.4M 的侵蝕量 > 0.5M > 0.3M > 0.2M > 0.1M。

實驗 3-5：固定濃度，不同反應時間，10%阿斯巴甜和醋磺內酯鉀水溶液對磷酸鈣的侵蝕量。

結果：

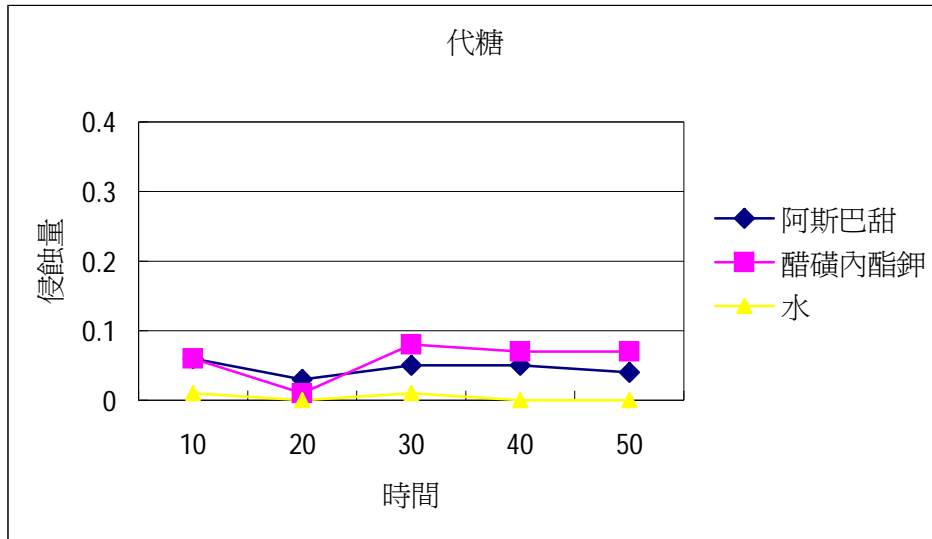


圖 3-5-1：相同濃度的兩種代糖在不同時間對磷酸鈣的侵蝕變化。

由實驗 3-5 結果得知：

- 〈1〉 兩種代糖都有對磷酸鈣有侵蝕，侵蝕沒有隨時間增加而增多。

實驗四：可樂中的鹽類---檸檬酸鈉，在混合其他主要成份後，其溶液對磷酸鈣的侵蝕。

實驗 4-1 至實驗 4-11：

結果：

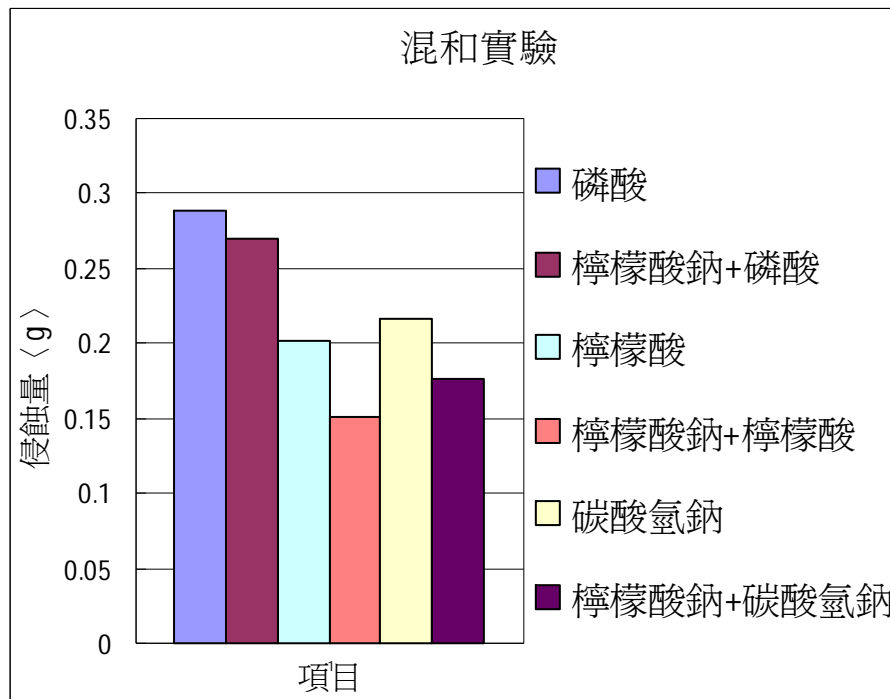


圖 4-1-1：混和實驗，各混合物對磷酸鈣的侵蝕量的比較

1.由圖 4-1-1 可以得知：

- 〈1〉加入檸檬酸鈉，君發現各成份的侵蝕量都下降了。
- 〈2〉檸檬酸鈉+檸檬酸在 20 分鐘的反應時間下，侵蝕的磷酸鈣量最少。
- 〈3〉磷酸+碳酸氫鈉在 20 分鐘的反應時間下，侵蝕的磷酸鈣量最多

實驗五：可樂和各成分加食鹽對磷酸鈣的侵蝕情形與其酸鹼值

實驗 5-1：固定反應時間，5ml 可樂和各成分的水溶液(0.5M)+食鹽(0.9%)，對牙齒的侵蝕量之多寡。

結果：

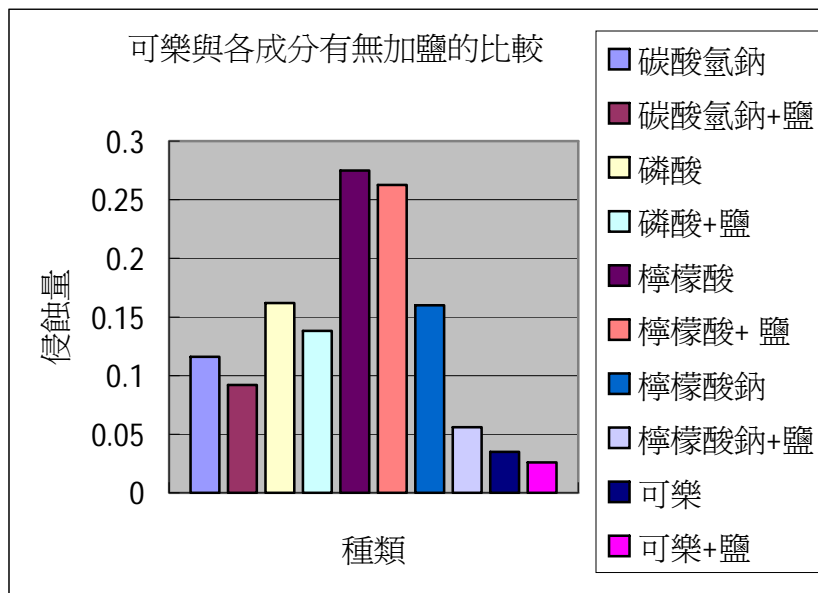


圖 5-3-1：相同反應時間，不同溶液對磷酸鈣的侵蝕

1.由圖 5-3-1 可以得知：

- 〈1〉檸檬酸+食鹽的侵蝕量最多
- 〈2〉可樂+食鹽的侵蝕量最少

實驗六：可樂、零卡可樂、各成分與各成分加食鹽之後的 pH 值。

結果：

	可樂	零卡可樂	碳酸氫鈉	磷酸	檸檬酸	檸檬酸鈉	阿斯巴甜
pH 值	2.79	3.08	9.58	1.39	1.81	8.91	5.00
	醋磺內酯鉀	可樂+食鹽	碳酸氫鈉+食鹽	磷酸+食鹽	檸檬酸+食鹽	檸檬酸鈉+食鹽	
pH 值	7.63	2.25	9.46	1.25	1.76	8.36	

表 6-1-1：可樂、零卡可樂、各成分與各成分加食鹽的 pH 值

實驗七：可樂和零卡可樂對牙菌斑滋生的影響

實驗 7-1：可樂和零卡可樂做的培養基對牙菌斑的影響

結果：

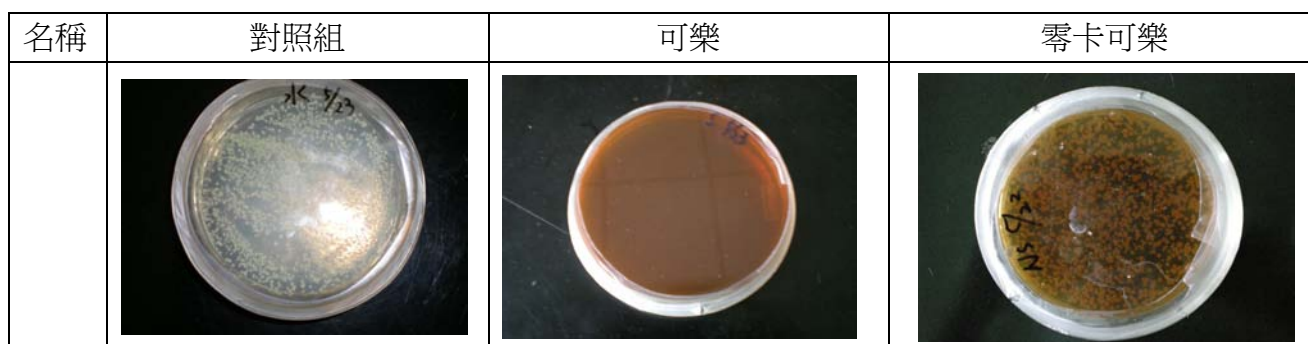


圖 7-1-1：水、可樂、零卡可樂的培養基

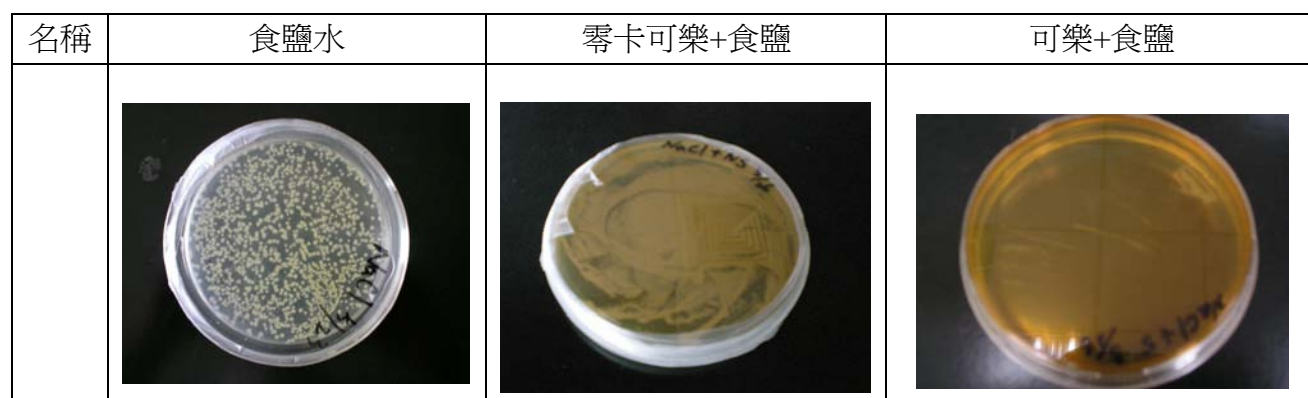


圖 7-1-2：食鹽水、零卡可樂+食鹽、可樂+食鹽的培養基

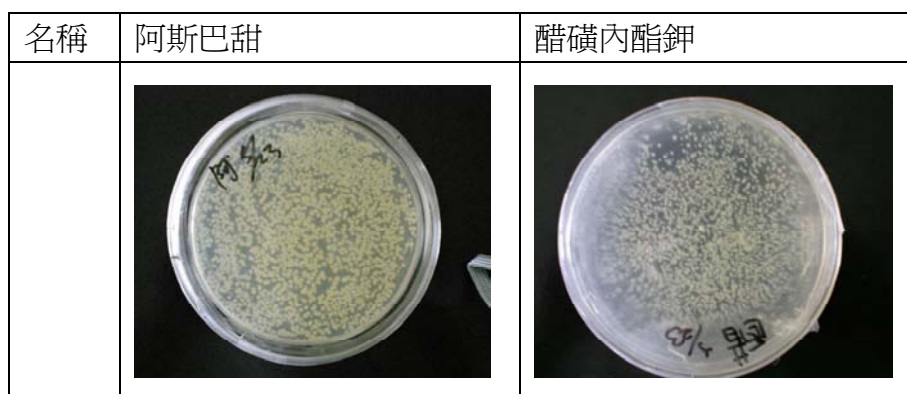


圖 7-1-3：代糖—阿斯巴甜、醋磺內酯鉀的培養基

	對照組	可樂	可樂+食鹽	零卡可樂
菌落數	878	0		1404
	生理食鹽水	阿斯巴甜	醋磺內酯鉀	
菌落數	632	1728	1437	

表 7-1-2：各盤的菌落數



由圖 7-1-1 可以得知：

1. 除了可樂之外，其餘皆會促使牙菌斑滋長。
2. 零卡可樂滋長的牙菌斑較可樂多，且零卡可樂中的特殊成分；阿斯巴甜和醋磺內酯鉀使牙菌斑大量繁殖。
3. 推測：零卡可樂中的代糖，讓牙菌斑滋長的比普通糖還多。
4. 其中阿斯巴甜和醋磺內酯鉀的培養基使牙菌斑大量繁殖，甚至勝過於一般的零卡可樂的培養基，再結合可樂不使牙菌斑滋長這個結論推斷：可樂與零卡可樂之中的成分比例有抑制牙菌斑滋長的功用。
5. 食鹽的培養基和對照組比較發現：食鹽有明顯抑制牙菌斑滋長的效果。

## 陸、討論：

- 〈一〉 1.由實驗 1-1 和 1-2 可知，可樂和零卡可樂對牙齒皆會產生侵蝕，可樂量越多，侵蝕量越大，且如果反應時間越久，侵蝕量就會多。
- 2.由實驗 1-1 和 1-2 可知，比較可樂和零卡可樂侵蝕量，發現零卡可樂對牙齒的侵蝕量較可樂多，表示零卡可樂對牙齒的侵蝕力較可樂大。
- 3.收集牙齒不易：收集牙齒時，我們時常碰壁，因為牙醫多半不願意給我們牙齒，且牙齒的量不多，要跑很多間牙醫診所，才可以收集到我們所要的量，所以考慮以牙齒主要成分磷酸鈣模擬牙齒。
- 〈二〉 由實驗 2-1 和 2-2，得到如實驗 1-1 和實驗 1-2 相同的結果，進行觀察與研究，並且因使用磷酸鈣代替牙齒來做實驗，不但可以控制所有的變因，且利於觀察，所以決定使用磷酸鈣模擬牙齒。
- 1.由實驗 3-1 知，碳酸氫鈉是反應時間越久且濃度愈高，對磷酸鈣侵蝕越多。
- 2.由實驗 3-2 知，磷酸的侵蝕量是  $0.5M > 0.4M > 0.3M > 0.2M > 0.1M$  發現反應時間越久且濃度愈高，磷酸對磷酸鈣侵蝕越多。
- 3.由實驗 3-3 知，檸檬酸侵蝕量為  $0.5M > 0.2M > 0.3M > 0.4M > 0.1M$ ，其中  $0.2M$  與  $0.3M$  的侵蝕量會比  $0.4M$  侵蝕量大，可能是因為實驗誤差所致，若忽略  $0.2$  與  $0.3M$  之數據，可以發現反應時間越長，檸檬酸對磷酸鈣的侵蝕越多，亦可發現反應時間越久，檸檬酸對磷酸鈣侵蝕越多，且當濃度越高時，對磷酸鈣侵蝕量越多。
- 〈三〉 由實驗 3-4 知，檸檬酸鈉的侵蝕量是  $0.4M > 0.5M > 0.3M > 0.2M > 0.1M$ ，40 分鐘時侵蝕的量最大，推測是因為檸檬酸鈉要反應一定要放置一段時間才能達到顛峰，所以才會形成這樣的數據。檸檬酸鈉濃度越高時，對磷酸鈣侵蝕越少。
- 〈四〉 1.由於可樂並非單一物質組成，欲研究各主要成份間的關係，以各主要成分互相混合的溶液(取相等之莫耳濃度)研究對磷酸鈣的侵蝕，由實驗 4-1 至 4-6 發現：
- 〈1〉 磷酸+碳酸氫鈉混合溶液在 20 分鐘的反應時間下，侵蝕的磷酸鈣量最多，推測其對磷酸鈣侵蝕產生加成效果。即磷酸和碳酸氫鈉混合時，對牙齒侵蝕較大。
- 〈2〉 市面的碳酸飲料主要成分皆含碳酸氫鈉，若要減少對牙齒的侵蝕，可以降低檸檬酸的比率，或是提升檸檬酸鈉的量，因為檸檬酸鈉與各成分混合會降低其侵蝕量，尤其以檸檬酸鈉+檸檬酸混合溶液對磷酸鈣侵蝕最少，推測得知檸檬酸鈉與檸檬酸較不易對牙齒侵蝕，根據所查文獻，檸檬酸鈉會

抑制檸檬酸的侵蝕，與此結果符合。

2.已確定可樂會侵蝕牙齒後，又針對混合實驗，發現鹽類(檸檬酸鈉)有抑制侵蝕的效果，因為市面上有販售加鹽沙士，所以我們便想進一步觀察加入食鹽後，會不會也有幫助抑制牙齒被侵蝕之效果。

〈五〉 〈1〉由實驗 5-1 結果得知，將可樂+食鹽後，對牙齒的侵蝕量小於可樂和零卡可樂，推測加鹽可能減少可樂對牙齒的侵蝕量，進一步進行可樂中主要成分加鹽的實驗，發現加鹽後其侵蝕量皆會降低，其中以檸檬酸鈉加鹽後，抑制侵蝕最多。推測其原因可能為加鹽後影響檸檬酸鈉解離程度，造成侵蝕量降低。

〈2〉由此實驗得知：要減少牙齒侵蝕，可加入食鹽。

〈3〉各成份加入了食鹽後，pH 值均下降，但是侵蝕量卻下降了。

〈六〉研究並推測零卡可樂對牙齒侵蝕性較可樂大之因

1.經測量可樂、零卡可樂、各主要成分和加鹽之結果，推測：酸性並不是主要造成侵蝕的原因。

2.由實驗 3-5 結果得知，零卡可樂所含阿斯巴甜和醋磺內酯鉀對牙齒有侵蝕。

3.由實驗四結果推測得知，可樂中主要成份混合時，若比例不同對牙齒侵蝕造成不同影響。

4.綜合上述 1~3 知，零卡可樂侵蝕性較大，可能是因為內含阿斯巴甜和醋磺內酯鉀對侵蝕牙齒有影響，同時也因為零卡可樂內主要成分組成比例不同所造成。

〈七〉根據文獻，糖會使口腔內牙菌斑大量繁殖，而且糖分含量越多，牙菌斑孳生越多，牙齒較易被侵蝕。但由實驗結果七得知，以阿斯巴甜及醋磺內酯鉀代替糖的零卡可樂所滋生的牙菌斑比可樂還多，推測零卡可樂中的阿斯巴甜，雖然人體不會吸收，但易造成牙菌斑滋生，使牙齒蛀掉。

〈八〉根據實驗結果阿斯巴甜及醋磺內酯鉀的培養基，造成牙菌斑的大量繁殖，其菌落的數目均大於零卡可樂，又因為可樂的培養基，有完全抑制牙菌斑孳長的效果，所以我們推斷：可樂與零卡可樂之中的成分比例有抑制牙菌斑滋長的功用。

## 柒、結論

一、由實驗得知，零卡可樂和可樂，對牙齒都會侵蝕，若以牙齒中的主要成分；磷酸鈣來代替牙齒，亦有相同結果。

二、由實驗結果知，零卡可樂對牙齒和磷酸鈣的侵蝕性比可樂大，而可樂加了食鹽之後，侵蝕性又比可樂小。

三、取可樂與零卡可樂中主要的成分；碳酸氫鈉、磷酸、檸檬酸鈉、檸檬酸、阿斯巴甜及醋磺內酯鉀，研究對磷酸鈣(即牙齒主要成分)的侵蝕，檸檬酸對牙齒的侵蝕性最大。

四、可樂主要成分中的檸檬酸鈉和其他物質混合時，會抑制其他物質的侵蝕能力，尤其以檸檬酸和檸檬酸鈉混合的溶液，抑制侵蝕的效果最好。

五、可樂加了食鹽之後，會減少可樂對牙齒和磷酸鈣的侵蝕，若要避免可樂對牙齒侵蝕，可加食鹽飲用。

六、零卡可樂侵蝕性較大，可能是因為內含阿斯巴甜和醋磺內酯鉀對牙齒侵蝕有貢獻。

七、零卡可樂所滋生的牙菌斑比可樂還多，故喝零卡可樂比可樂還更容易蛀牙。

八、喝零卡可樂比可樂還更容易蛀牙，顛覆了我們認為含糖的可樂較易造成蛀牙的觀念。

## 捌、參考資料及其他：

### 參考資料：

- 〈一〉培養基作法  
[http://microbiology.scu.edu.tw/micro/microbe-exp/exp\\_website/Media.htm](http://microbiology.scu.edu.tw/micro/microbe-exp/exp_website/Media.htm)
- 〈二〉可口可樂 <http://www.coke.com.tw/>。
- 〈三〉可樂和零卡可樂瓶上的成分。
- 〈四〉龜山猶一著:戴瑞益、柯順隆譯(1995)。化學分析試藥配置法，台北市：正文。
- 〈五〉許翔編著，2008 印翰林版，自然與生活科技二下一、三章。
- 〈六〉史家瑩編著，2008 印。自然與生活科技一下，第四章：形形色色的生物 翰林版
- 〈七〉民 93 印，卡洛·西蒙泰奇著，林為正譯，愚弄全球的食物，台北市：先覺。
- 〈八〉吳逸民著，民 84，牙周病之化學性牙菌斑控制，國民口腔保健 P. 81~P. 89，中華民國牙醫師公會全國聯合會製作。
- 〈九〉光復書局編輯部，民 79 再版，醫學百科全書;消化與泌尿;，光復書局股份有限公司。

## 玖、未來展望

- 〈一〉進一步研究減少碳酸飲料侵蝕牙齒的方法。
- 〈二〉研究牙齒的哪個部分最容易被侵蝕。
- 〈三〉研究含阿斯巴甜的其他飲品是否導致蛀牙。
- 〈四〉研究最佳混合比例，使對牙齒的侵蝕量降至最低。

附錄：

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
碳酸氫鈉(0.1)	10	0.88	1.83	0.05
碳酸氫鈉	20	0.58	1.52	0.06
碳酸氫鈉	30	0.59	1.52	0.07
碳酸氫鈉	40	0.6	1.52	0.08
碳酸氫鈉	50	0.92	1.84	0.08
碳酸氫鈉(0.2)	10	0.56	1.49	0.07
碳酸氫鈉	20	0.57	1.5	0.07
碳酸氫鈉	30	0.58	1.5	0.08
碳酸氫鈉	40	0.92	1.84	0.08
碳酸氫鈉	50	0.6	1.51	0.09
碳酸氫鈉(0.3)	10	0.58	1.51	0.07
碳酸氫鈉	20	0.55	1.48	0.07
碳酸氫鈉	30	0.9	1.82	0.08
碳酸氫鈉	40	0.59	1.5	0.09
碳酸氫鈉	50	0.59	1.48	0.11
碳酸氫鈉(0.4)	10	0.92	1.84	0.08
碳酸氫鈉	20	0.89	1.81	0.08
碳酸氫鈉	30	0.89	1.79	0.1
碳酸氫鈉	40	0.63	1.53	0.1
碳酸氫鈉	50	0.61	1.48	0.13
碳酸氫鈉(0.5)	10	0.58	1.48	0.1
碳酸氫鈉	20	0.56	1.45	0.11
碳酸氫鈉	30	0.57	1.45	0.12
碳酸氫鈉	40	0.88	1.76	0.12
碳酸氫鈉	50	0.58	1.45	0.13

附錄一：碳酸氫鈉所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
檸檬酸(0.1)	10	0.89	1.78	0.11
檸檬酸	20	0.59	1.47	0.12
檸檬酸	30	0.55	1.41	0.14
檸檬酸	40	0.89	1.74	0.15
檸檬酸	50	0.89	1.72	0.17
檸檬酸(0.2)	10	0.59	1.45	0.14
檸檬酸	20	0.61	1.46	0.15
檸檬酸	30	0.55	1.38	0.17
檸檬酸	40	0.57	1.39	0.18
檸檬酸	50	0.57	1.37	0.2
檸檬酸(0.3)	10	0.88	1.7	0.18
檸檬酸	20	0.59	1.4	0.19
檸檬酸	30	0.56	1.36	0.2
檸檬酸	40	0.88	1.67	0.21
檸檬酸	50	0.87	1.65	0.22
檸檬酸(0.4)	10	0.6	1.4	0.2
檸檬酸	20	0.6	1.39	0.21
檸檬酸	30	0.56	1.33	0.23
檸檬酸	40	0.57	1.33	0.24
檸檬酸	50	0.58	1.32	0.26
檸檬酸(0.5)	10	0.89	1.67	0.22
檸檬酸	20	0.59	1.35	0.24
檸檬酸	30	0.54	1.29	0.25
檸檬酸	40	0.87	1.6	0.27
檸檬酸	50	0.88	1.6	0.28

附錄二：檸檬酸所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
檸檬酸鈉(0.1)	10	0.57	1.51	0.06
檸檬酸鈉	20	0.86	1.81	0.05
檸檬酸鈉	30	0.53	1.51	0.02
檸檬酸鈉	40	0.88	1.71	0.17
檸檬酸鈉	50	0.6	1.3	0.3
檸檬酸鈉(0.2)	10	0.87	1.77	0.1
檸檬酸鈉	20	0.55	1.02	0.09
檸檬酸鈉	30	0.87	1.42	0.06
檸檬酸鈉	40	0.91	1.26	0.16
檸檬酸鈉	50	0.56	1.35	0.26
檸檬酸鈉(0.3)	10	0.59	1.52	0.07
檸檬酸鈉	20	0.86	1.79	0.07
檸檬酸鈉	30	0.59	1.49	0.1
檸檬酸鈉	40	0.9	1.57	0.16
檸檬酸鈉	50	0.61	1.4	0.28
檸檬酸鈉(0.4)	10	0.91	1.61	0.13
檸檬酸鈉	20	0.89	1.83	0.06
檸檬酸鈉	30	0.58	1.41	0.12
檸檬酸鈉	40	0.85	1.62	0.23
檸檬酸鈉	50	0.88	1.55	0.33
檸檬酸鈉(0.5)	10	0.58	1.37	0.1
檸檬酸鈉	20	0.89	1.8	0.09
檸檬酸鈉	30	0.88	1.67	0.11
檸檬酸鈉	40	0.54	1.48	0.16
檸檬酸鈉	50	0.57	1.16	0.34

附錄三：檸檬酸鈉所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
磷酸(0.1)	10	0.94	1.83	0.11
磷酸	20	0.6	1.49	0.11
磷酸	30	0.56	1.44	0.12
磷酸	40	0.57	1.44	0.13
磷酸	50	0.61	1.45	0.16
磷酸(0.2)	10	0.57	1.45	0.12
磷酸	20	0.58	1.46	0.12
磷酸	30	0.58	1.44	0.14
磷酸	40	0.88	1.74	0.14
磷酸	50	0.91	1.75	0.16
磷酸(0.3)	10	0.58	1.46	0.12
磷酸	20	0.58	1.45	0.13
磷酸	30	0.57	1.43	0.14
磷酸	40	0.58	1.43	0.15
磷酸	50	0.92	1.75	0.17
磷酸(0.4)	10	0.55	1.42	0.13
磷酸	20	0.6	1.47	0.13
磷酸	30	0.56	1.4	0.16
磷酸	40	0.88	1.71	0.17
磷酸	50	0.89	1.71	0.18
磷酸(0.5)	10	0.88	1.75	0.13
磷酸	20	0.56	1.42	0.14
磷酸	30	0.58	1.42	0.16
磷酸	40	0.87	1.69	0.18
磷酸	50	0.53	1.33	0.2

附錄四：磷酸所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
磷酸(0.5M)+鹽(0.9%)	10	0.88	1.58	0.18
磷酸(0.5M)+鹽(0.9%)	20	0.89	1.76	0.13
磷酸(0.5M)+鹽(0.9%)	30	0.91	1.79	0.12
磷酸(0.5M)+鹽(0.9%)	40	0.89	1.78	0.11
磷酸(0.5M)+鹽(0.9%)	50	0.88	1.73	0.15

附錄五：磷酸+鹽所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)	10	0.9	1.65	0.25
檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)	20	0.88	1.6	0.28
檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)	30	0.88	1.55	0.26
檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)	40	0.86	1.6	0.26
檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)	50	0.86	1.6	0.33

附錄六：檸檬酸(0.5M)+鹽(0.9%)所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)	10	0.89	1.85	0.04
碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)	20	0.89	1.76	0.13
碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)	30	0.9	1.84	0.06
碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)	40	0.9	1.83	0.07
碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)	50	0.89	1.73	0.16

附錄七：碳酸氫鈉(0.5M)+鹽(0.9%)所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)	10	0.9	1.85	0.05
檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)	20	0.9	1.9	0
檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)	30	0.9	1.82	0.08
檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)	40	0.86	1.78	0.08
檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)	50	0.88	1.81	0.07

附錄八：檸檬酸鈉(0.5m)+鹽(0.9%)所有侵蝕量



種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
可樂+鹽 (0.9%)	10	0.86	1.79	0.02
可樂+鹽 (0.9%)	20	0.92	1.88	0.03
可樂+鹽 (0.9%)	30	0.92	1.86	0.03
可樂+鹽 (0.9%)	40	0.95	1.91	0.04
可樂+鹽 (0.9%)	50	0.92	1.77	0.05

附錄九：可樂加鹽所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
鹽(0.9%)	10	0.89	1.85	0.04
鹽(0.9%)	20	0.85	1.76	0.09
鹽(0.9%)	30	0.89	1.85	0.04
鹽(0.9%)	40	0.91	1.86	0.05
鹽(0.9%)	50	0.89	1.83	0.06

附錄十：鹽〈0.9%〉所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
阿斯巴甜(10%)	10	0.91	1.85	0.06
阿斯巴甜(10%)	20	0.91	1.82	0.03
阿斯巴甜(10%)	30	0.86	1.81	0.05
阿斯巴甜(10%)	40	0.87	1.82	0.05
阿斯巴甜(10%)	50	0.9	1.87	0.04

附錄十一：代糖——阿斯巴甜所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
醋磺內酯鉀(10%)	10	0.91	1.85	0.06
醋磺內酯鉀(10%)	20	0.9	1.89	0.01
醋磺內酯鉀(10%)	30	0.9	1.82	0.08
醋磺內酯鉀(10%)	40	0.85	1.78	0.07
醋磺內酯鉀(10%)	50	0.94	1.87	0.07

附錄十二：代糖——醋磺內酯鉀所有侵蝕量

種類	時間	濾紙	後重	侵蝕
水	10	0.9	1.83	0.01
水	20	0.87	1.87	0
水	30	0.86	1.82	0.01
水	40	0.88	1.87	0
水	50	0.88	1.82	0

附錄十三：水的所有侵蝕量

【評語】 031631

1. 由生活飲食議題出發，相當有創意，使科學與創意相結合。
2. 實驗結論中”推翻酸鹼度與牙齒侵蝕性的關聯性”，建議：應加強水溶液的 pH 值測定實驗的嚴謹度，方可加強結論的說服性。