

題目名稱：「晶晶」有味-塑膠瓶的末日

一、摘要：

塑膠包裝一直是生活中便利的存在，但在環保概念提升的時代，攜帶環保餐具已是很多人的習慣，因此在多年前便有可食用的水球 - Ooho 的誕生，相較於提倡可降解塑膠和重複利用環保杯，這種可食用的水球直接從根本上解決了問題，陸續也有許多研究探討利用 Ooho 盛裝各式不同的液體，但不易保存成了 Ooho 推行的對大阻礙，因此，我們想知道 Ooho 在不同環境下的性質變化，若將 Ooho 晶球浸泡在不同酸鹼度的液體下是否會影響它的性質，所以設計了以下的實驗。

我們利用製冰盒製作出大量大小相同的晶球後，將晶球浸泡在 pH 4 (±0.05)的醋酸水溶液、pH 10 (±0.05) 的石灰水溶液和 pH 7 (±0.05) 的蒸餾水中兩個小時後，取出晶球分別測量晶球的重量、厚度、直徑與含水量的變化。根據實驗結果顯示晶球在酸性和鹼性的環境下長時間浸泡都會影響其保存，晶球在重量、直徑與含水量都有下降的趨勢，且晶球的變化在鹼性環境下更為明顯。同時我們也觀察到，晶球在酸性的環境下浸泡後，皮膜的厚度下降變薄。在鹼性的環境下，皮膜厚度雖無明顯變化但變得較為粗糙。

二、探究題目與動機

曾經在一次小學英文課上，我將喝水的動詞用成了 Eat 而非 Drink，導致我成為全班的笑柄。後來在一次科學探索活動中我認識到了可食用的水球 - Ooho，它實現了我將水吃下去的點子，相較於提倡可降解塑膠和重複利用環保杯，這種水球直接解決了根本問題：水是液體，會隨著器皿的形狀變化，因此容器的選擇成了環保最大的挑戰，水球最外層的可食用薄膜成了這項產品最大的特點，除了盛裝水之外，陸續也有許多研究探討利用 Ooho 的概念盛裝各式不同的液體，但水球脆弱不易保存的外表成了它推行上市的最大阻礙。因此，我們想知道 Ooho 在不同環境下的性質變化，若將 Ooho 晶球浸泡在不同酸鹼度的液體下是否會影響它的性質，未來可以針對這些變化設計改善水球保存的方法或是將這種可食用水球添加至除了水以外的溶液中做為膠囊或緩釋型藥品的包裝材料，讓晶球外部的環境不局限於水，最大化的利用它的特性。

三、探究目的與假設

可食用水球是利用乳酸鈣溶液中的鈣離子 (Ca^{2+}) 取代海藻酸鈉溶液中的鈉離子 (Na^+) 產生交聯作用後，使分子間的作用力增強，流動性降低，而形成一種具有半透明薄膜晶球所製作而成[圖 1]。參考文獻後我們發現，很多研究中對於晶球的製作方法都不盡相同，因此我們認為隨著海藻酸鈉與乳酸鈣溶液的濃度與浸泡時間不同，薄膜的厚度與晶球的性質會隨之改變。而為了探討晶球在不同酸鹼度下的變化，我們需要大量的晶球樣品，因此我們首先研究了如何大量的生產出大小相同的晶球，之後再利用這些大量生產的晶球進行了以下的研究假設：

- (一)探討晶球在不同酸鹼度下的重量變化
- (二)探討晶球在不同酸鹼度下的直徑變化
- (三)探討晶球在不同酸鹼度下的厚度變化
- (四)探討晶球在不同酸鹼度下的含水量變化

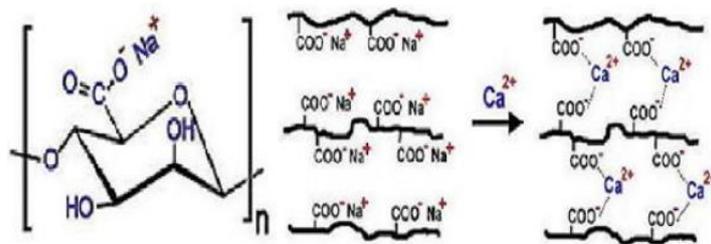


圖 1：海藻酸鈉結構與交聯作用

四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗流程與步驟

1. Ooho 晶球備製：

根據文獻，我們嘗試了許多 Ooho 水球的製作方法與許多不同的製作比例，經過測與改良後，找到了能最方便且快速的製作出大量大小相同晶球的方法，製作方式如下：

- (1) 調配 1 % 海藻酸鈉水溶液和 1 % 乳酸鈣水溶液。
- (2) 將步驟(1)的乳酸鈣水溶液填裝到製冰盒中(一格約十毫升)。
- (3) 將製冰盒放入冰箱中，放置約 1 小時 30 分鐘，使乳酸鈣水溶液結冰後取出。
- (4) 將乳酸鈣水溶液冰塊放入步驟(1)的海藻酸鈉水溶液浸泡 5 分鐘，進行晶球化。
- (5) 取出並放入水中直到冰塊完全溶解，即可得晶球樣品。
- (6) 製作過程：

			
海藻酸鈉溶液配置	結凍後的乳酸鈣水溶液	將結凍的乳酸鈣水溶液放入海藻酸鈉水溶液	晶球樣品

2. 晶球在不同酸鹼度環境下的變化：

- (1) 酸性環境溶液：以純醋酸配置 pH 4 (± 0.05) 的醋酸水溶液。
- (2) 鹼性環境溶液：以生石灰配置 pH 10 (± 0.05) 的石灰水溶液。
- (3) 中性環境溶液：以 pH 7 (± 0.05) 的蒸餾水做為對照組。
- (4) 將上述製作的晶球樣品取出後，浸泡在步驟(1)~(3)所配置不同酸鹼性的溶液中。

3. 晶球性質測量

為了瞭解晶球在浸泡後的性質變化我們做了以下的測試，每項測試皆重複進行三次實驗，並將實驗結果進行記錄、分析，最後製成圖表。

- (1) 重量測量：利用電子秤測量晶球浸泡後的重量。
- (2) 直徑測量：利用游標尺測量晶球浸泡後的直徑。
- (3) 厚度測量：利用厚度計測量晶球浸泡後的厚度。

(4) 含水量測量：

- i. 將浸泡後的晶球進行重量測量(W₁)。
- ii. 將晶球以針尖刺破後放水，並以紙巾輕壓、擦乾殘留水分。
- iii. 測量晶球剩餘皮膜重量(W₂)。
- iv. 將 W₁ 減去 W₂ 即為晶球含水量。

(二) 實驗結果與討論

1. 重量測量

實驗結果：根據結果我們發現海藻酸鈉晶球不論在酸性或鹼性環境下，浸泡兩小時皆會使晶球的重量減少，在酸性環境下浸泡後重量減少約 18.84 %；在鹼性環境下浸泡後重量減少約 26.31 %。顯示鹼性環境對晶球的影響更為顯著。

實驗數據：

表 1：晶球浸泡後重量變化(g)

	一	二	三	平均	變化量
酸性	7.85	7.40	7.89	7.71	-18.84 %
中性	9.43	10.84	8.31	9.50	對照組
鹼性	7.95	7.44	5.61	7.00	-26.31 %

[註] 變化量計算： $\frac{\text{酸、鹼性平均值}-\text{中性平均值}}{\text{中性平均值}} \times 100 \%$

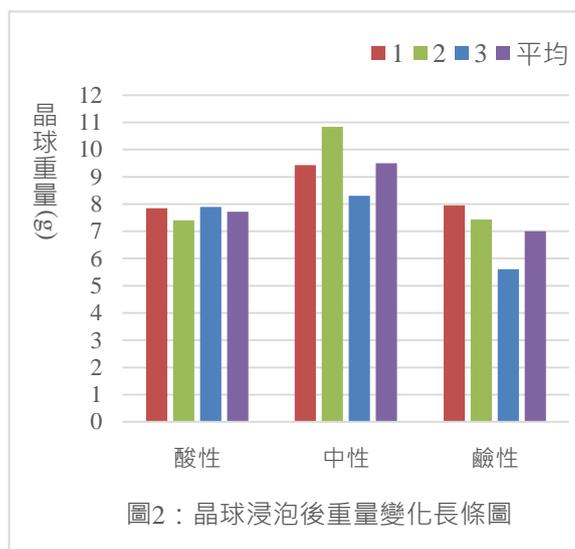


圖2：晶球浸泡後重量變化長條圖

2. 直徑測量

實驗結果：根據結果我們發現海藻酸鈉晶球不論在酸性或鹼性環境下，浸泡兩小時皆會使晶球的直徑縮小，在酸性環境下浸泡後直徑減少約 6.33 %；在鹼性環境下浸泡後直徑減少約 10.13 %。結果顯示鹼性環境對晶球的影響更為顯著。

實驗數據：

表 2：晶球浸泡後直徑變化(cm)

	一	二	三	平均	變化量
酸性	2.10	2.30	2.25	2.22	-6.33 %
中性	2.30	2.40	2.40	2.37	對照組
鹼性	2.50	2.10	1.80	2.13	-10.13 %

[註] 變化量計算： $\frac{\text{酸、鹼性平均值}-\text{中性平均值}}{\text{中性平均值}} \times 100 \%$

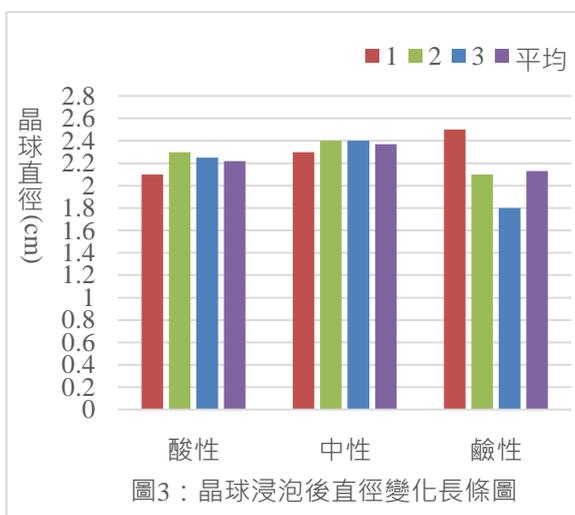


圖3：晶球浸泡後直徑變化長條圖

3. 厚度測量

實驗結果：

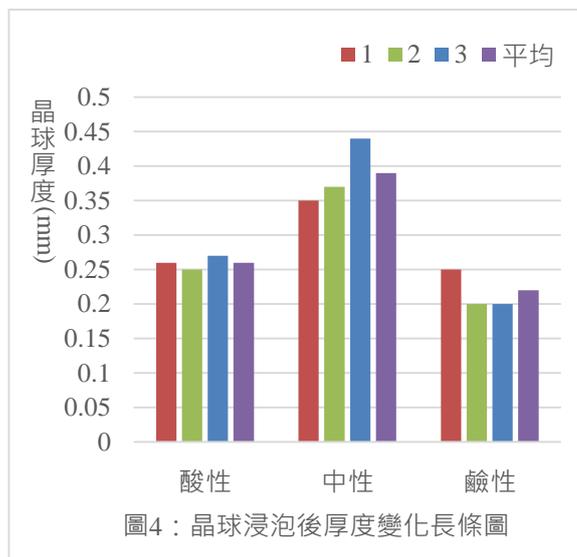
根據結果我們發現海藻酸鈉晶球不論在酸性或鹼性環境下，浸泡兩小時皆會使晶球的皮膜厚度下降，在酸性環境下浸泡後厚度減少約 33.33 %；在鹼性環境下浸泡後厚度減少約 43.59 %。且鹼性環境對晶球的影響更為顯著，另外，我們經由觸摸觀察到，晶球皮膜浸泡鹼性溶液後變得較為粗糙。

實驗數據：

表 3：晶球浸泡後厚度變化(mm)

	一	二	三	平均	變化量
酸性	0.26	0.25	0.27	0.26	-33.33 %
中性	0.35	0.37	0.44	0.39	對照組
鹼性	0.25	0.2	0.2	0.22	-43.59 %

[註] 變化量計算： $\frac{\text{酸、鹼性平均值}-\text{中性平均值}}{\text{中性平均值}} \times 100 \%$



4. 含水量測量

實驗結果：

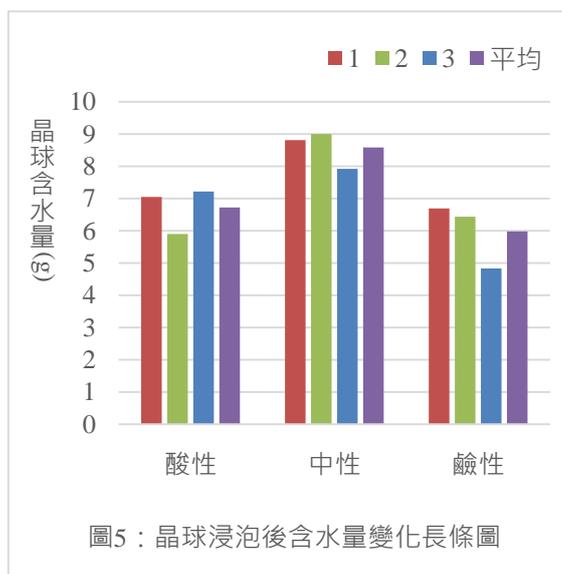
根據結果我們發現海藻酸鈉晶球不論在酸性或鹼性環境下，浸泡兩小時皆會使晶球的含水量下降，在酸性環境下浸泡後含水量減少約 21.68 %；在鹼性環境下浸泡後含水量減少約 30.30 %。且鹼性環境對晶球的影響更為顯著。

實驗數據：

表 4：晶球浸泡後含水量變化(g)

	一	二	三	平均	變化量
酸性	7.05	5.9	7.22	6.72	-21.68 %
中性	8.81	9.00	7.92	8.58	對照組
鹼性	6.69	6.43	4.83	5.98	-30.30 %

[註] 變化量計算： $\frac{\text{酸、鹼性平均值}-\text{中性平均值}}{\text{中性平均值}} \times 100 \%$



五、結論與生活應用

(一) 結論

1. 根據文獻，我們在實驗前找出了製作晶球的最佳比例與製成，成功的達成在短時間內大量生產所需要的晶球樣品，且能準確控制晶球的大小、外觀與含水量，避免造成後續實驗的誤差。
2. 根據實驗結果，我們發現海藻酸鈉晶球在鹼性或酸性的環境下浸泡一段時間後和在中性環境中相比，不論是晶球的重量、直徑、厚度與含水量都有下降的趨勢，顯示晶球並不耐酸性或鹼性的環境，而且在鹼性環境下的影響更為明顯。
3. 經由觸摸觀察我們還發現，晶球在鹼性的環境下，外表的皮膜會變得粗糙，而在酸性環境下則沒有出現這樣的情形。

(二) 生活應用

根據實驗所得到的結果，我們認為未來若將晶球應用在盛裝不同的液體或浸泡於不同的液體時，可以依據需求可以選擇酸性、中性或鹼性的環境，例如：盛裝清潔劑需考慮製作較厚的皮膜，避免鹼性的清潔劑長時間影響晶球皮膜導致破裂滲漏；做為膠囊則應考慮內容物的酸鹼性是否會造成皮膜的損耗以及考慮是否容易消化使皮膜破裂讓內容物釋出；若是製做為類似珍珠的食品時，若搭配酸性飲品，在長時間浸泡下可能使口感變差．．．等。未來我們會再朝向這些方向進行後續研究。

參考資料

- [1]. 伍亭蓉、黃子恒、葉小嘉、陳苡巨(2018)。鈣多晶球。中華民國第五十八屆中小學科學展覽會。
- [2]. 張睿哲、蔡宗諺、陳邑恩(2018)。大吃一「晶」—探討藥物分子料理鐵劑晶球的緩釋作用現象。中華民國第五十八屆中小學科學展覽會。
- [3]. 「藻」到新食感(2019)。全國科學探究競賽-這樣教我就懂。
- [4]. 微膠囊容器(2018)。全國高職學生 107 年度專題暨創意製作。
- [5]. 令人驚奇的分子料理是這樣來的：食品科學中的晶球技術(上)(2019年08月09日)·PanSci 泛科學·取自 <https://pansci.asia/archives/164992>