

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱：「晶」解之材~探究晶球化分子料理的形成因素

一、摘要：

常吃到的鮭魚卵壽司，屬於一種晶球化的分子料理。當海藻酸鈉與鈣離子相遇時，兩者界面會形成半透薄膜，使得晶球內部為液體被包裹，因而造就爆漿的口感。我們紛紛疑惑於分子料理塑形的影響因素。本研究探索：(一)使用不同濃度的海藻酸鈉溶液對晶球重量、彈性的影響；(二)(a)不同鈣離子濃度、(b)不同種類的鈣離子溶液(乳酸鈣、氯化鈣)對晶球重量、彈性的影響、(三)晶球重量與晶球彈性的關聯性。藉由①微量秤重器秤重得之晶球重量，而②利用晶球於 45 公分高度自由落體後，第一次彈跳高度(cm)當作晶球彈性的指標。結果得知：(一)海藻酸鈉濃度與晶球重量、彈性皆有高度正關聯。(二)(a)鈣離子濃度對於晶球重量有高度負相關；(b)然晶球彈性則因鈣離子溶液種類而有所差異：①浸泡乳酸鈣溶液中，乳酸鈣濃度對於晶球彈性有高度正相關($R_{\text{乳酸鈣}}^2=0.9105$)；②浸泡氯化鈣溶液中，則是內、外濃度差(海藻酸鈉% - 鈣離子溶液%)與晶球彈性才有中度關聯($R_{\text{氯化鈣}}^2=0.4863$)。(三)乳酸鈣溶液中，晶球重量與彈性無關聯性($R_{\text{乳酸鈣}}^2=0.0364$)，但氯化鈣溶液中，晶球重量與彈性仍輕微的關聯性($R_{\text{氯化鈣}}^2=0.3169$)，其為晶球越重、則彈性越好。因而我們推測可能因鈣離子溶液種類不同(乳酸鈣、氯化鈣)，使得正向晶球法的外在浸泡液 PH 值不同，進而影響晶球彈性。本研究合理推測單位空間的海藻酸鈉越多、鈣離子越少，則能做出越大尺寸的晶球。未來我們將以 PH 值作進一步探索，期許能一步步拆解分子料理中的化學材料，而能做出管控晶球尺寸、彈性、硬度的好吃分子料理。

二、探究題目與動機:

某天下午，我們在教室滑著手機，突然有一人看到了一部有關分子料理的影片，然後跟我們分享，我們都被這部影片給震驚到，於是我們就紛紛疑惑，讓分子料理能夠行成，是因為哪些因素？並且希望在了解他的各個因素後，能夠藉由控制它的重量、彈性以及硬度，作出獨一無二，且好吃的分子料理。

三、探究目的與假設:

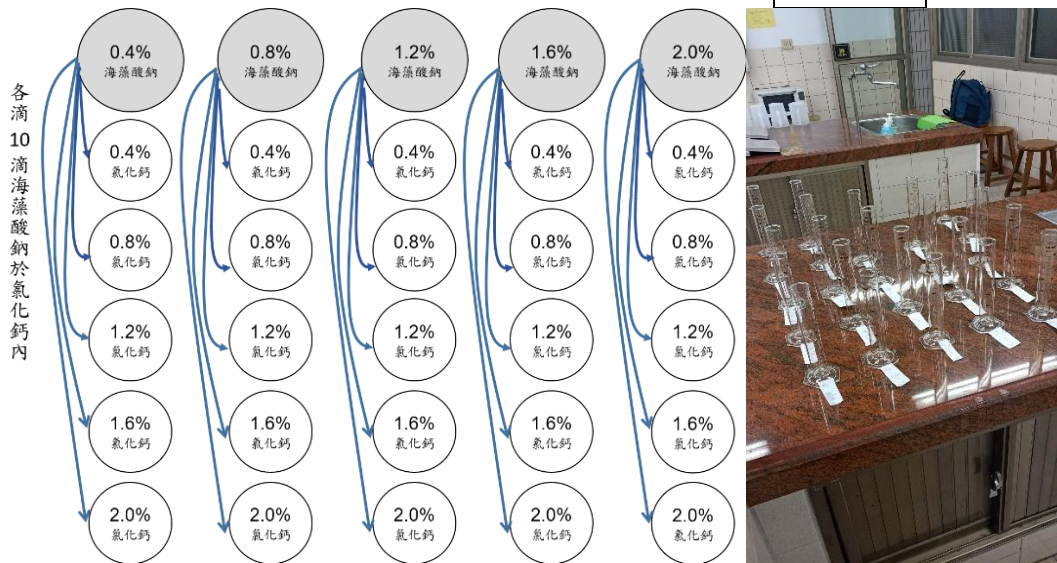
- (一)晶球內部-不同濃度的海藻酸鈉對晶球重量、彈性的影響。
- (二)(a)晶球外部浸泡液-不同鈣離子濃度對晶球重量、彈性的影響。
 - (b)晶球外部浸泡液-不同種類的鈣離子溶液(乳酸鈣、氯化鈣)對晶球重量、彈性的影響。
- (三)晶球重量與晶球彈性的關聯性。

四、探究方法與驗證步驟

(一)化學溶劑配置

- (1) 配置 0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2%海藻酸鈉，其內含人工色素，確保海藻酸鈉完全溶解，才進行實驗。

(2) 配置 0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2%鈣離子溶液(分別有食用乳酸鈣、食用氯化鈣) · 並分別分裝成 100ml 的 5 個量筒內(圖一) · 因此可分為 25 組*2 種鈣離子溶液。



圖一：化學藥劑的配置與分裝

(二)製作分子晶球的步驟-正向製作法

- (1) 柯(2019)以 3ml 的滴管吸取海藻酸鈉，滴管管口各自懸空鈣離子溶液液面之高 1cm。
- (2) 分別將 0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2%海藻酸鈉各滴 10 滴於 0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2%鈣離子溶液中。滴入時，需避免晶球間的碰撞。
- (3) 承(1)~(2)分別完成海藻酸鈉浸泡於乳酸鈣或氯化鈣的鈣離子溶液中的晶球製作。

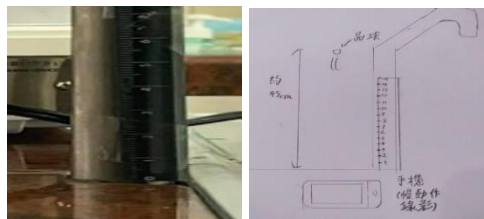
(三)計量分子晶球的形成情況

1、晶球重量：

- (1) 量筒內的晶球分別浸泡於原液(鈣離子液:氯化鈣、乳酸鈣)持續 5 分鐘。
- (2) 取出晶球，用紙巾去除表面濕氣。
- (3) 秤重測量同一量筒內的 10 顆晶球重量(g)，並換算成單一顆晶球重量，並記錄。

2、晶球彈性

- (1)承上，將已秤重完的晶球取一顆，擺放在 45 公分高度下，自由落體後，紀錄第一次彈跳最高高度(cm)(圖二)，並記錄。

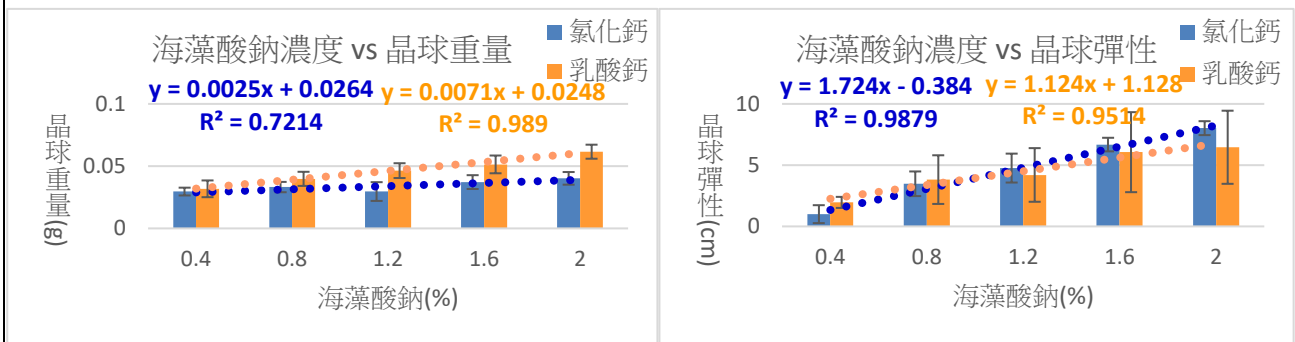


圖二：測量晶球彈性的儀器及原理

(四)實驗結果

1、晶球內部-不同濃度的海藻酸鈉晶球重量、彈性的影響。

由所圖三示，得知無論晶球是浸泡在氯化鈣、或乳酸鈣中，海藻酸鈉的濃度與晶球重量、晶球彈性皆為高度正相關，海藻酸鈉濃度越高，則晶球重量越大、晶球彈性越好。

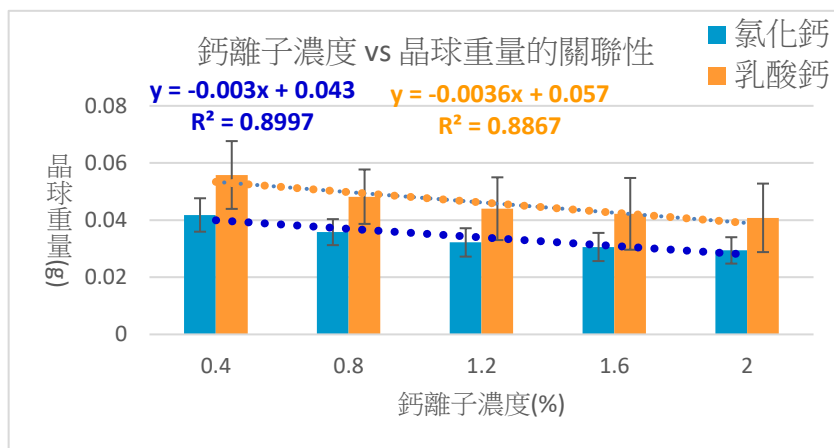


圖三：海藻酸鈉濃度與晶球重量、晶球彈性的關聯

2、晶球外部液-不同鈣離子濃度、不同種類的鈣離子溶液對晶球的影響

(1)鈣離子濃度與晶球重量的關聯性

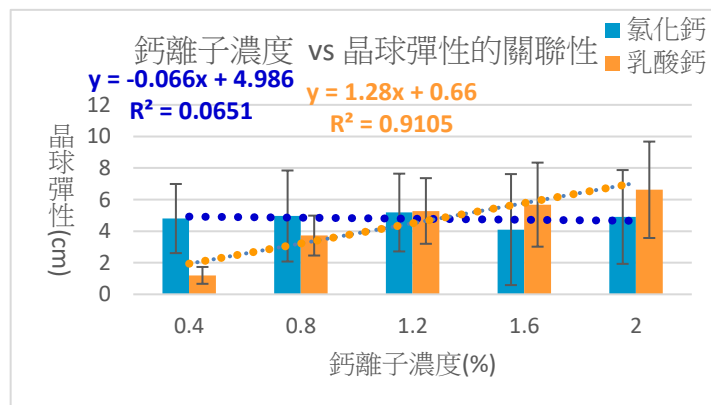
如圖四，無論浸泡在氯化鈣、或乳酸鈣溶液中，鈣離子的濃度與晶球重量有負關聯。



圖四：鈣離子濃度與晶球重量的關聯

(2)鈣離子濃度與晶球彈性的關聯性

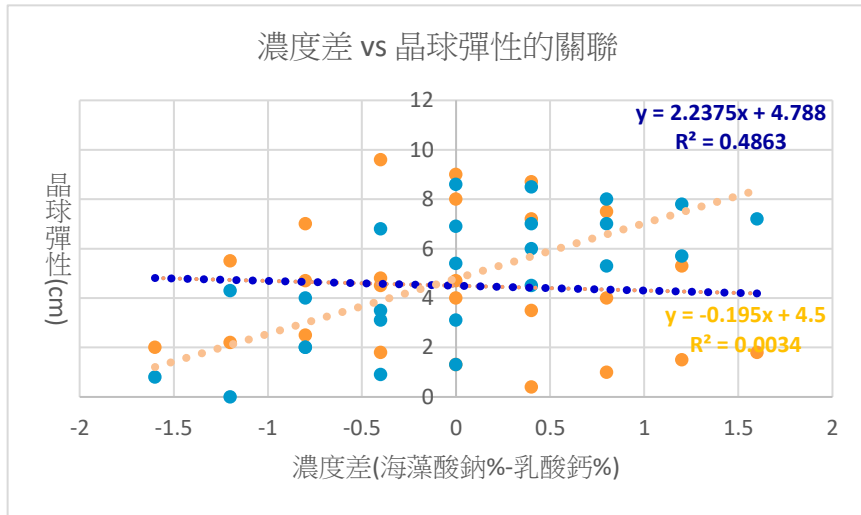
依圖五所示，浸泡在不同的鈣離子溶液的結果有所差異，浸泡於乳酸鈣濃度與晶球彈性有關聯，但浸泡於氯化鈣濃度與晶球彈性則無關聯。



圖五：鈣離子濃度與晶球彈性的關聯

(3)內、外濃度差與晶球彈性的關聯性

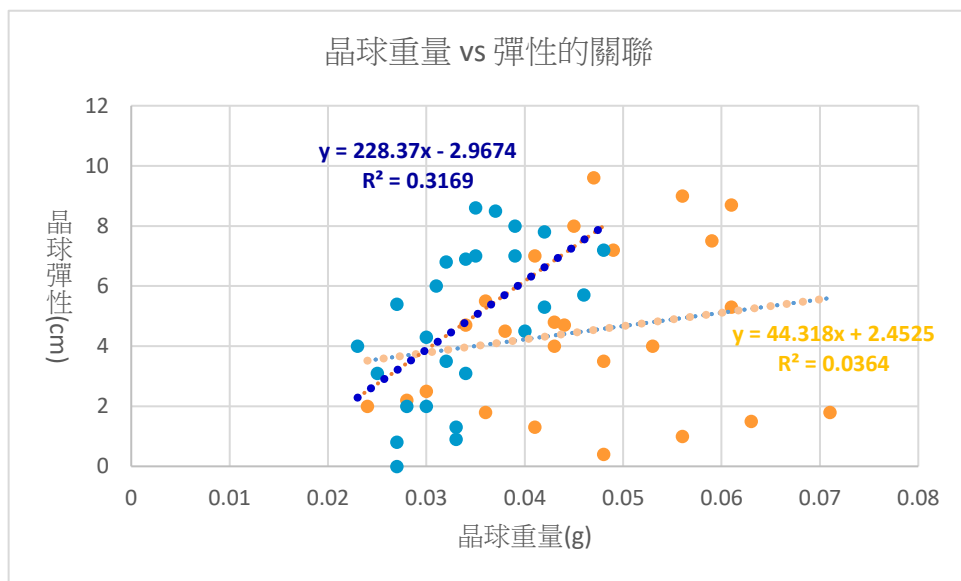
如圖六所示，正向晶球形成於將內含海藻酸鈉、外液為鈣離子溶液的環境中，發現乳酸鈣溶液中，內外濃度差與晶球彈性有無相關聯($R^2_{\text{乳酸鈣}}=0.0034$)，但氯化鈣溶液中，內外濃度差與晶球彈性有中度相關聯($R^2_{\text{氯化鈣}}=0.4863$)，氯化鈣溶液中，內、外的濃度差越大，則晶球彈性越好。



圖六：內、外濃度差與晶球彈性的關聯

三、晶球重量與晶球彈性的關聯性

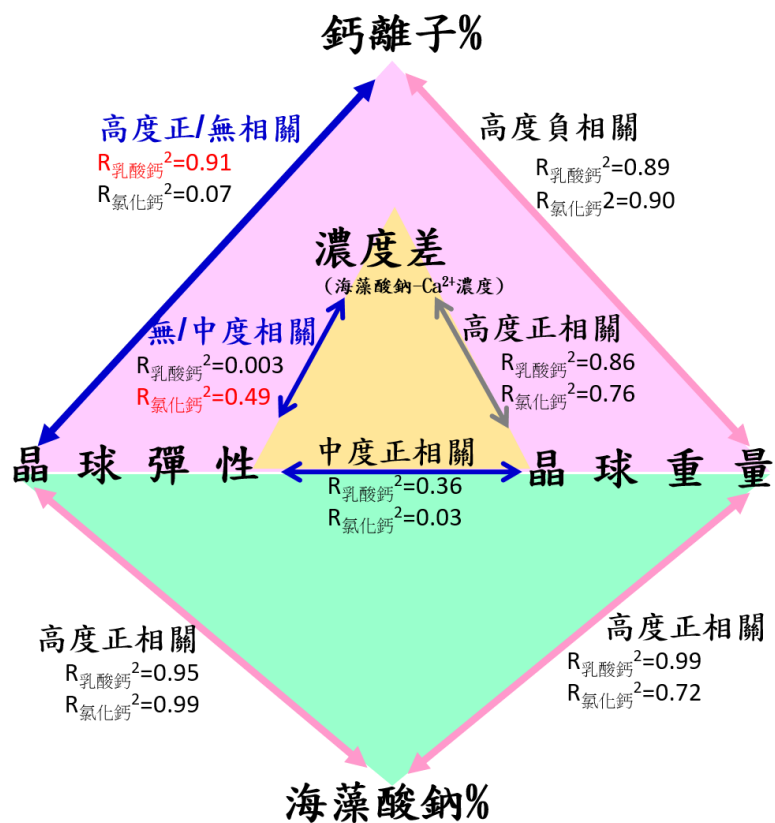
由圖七所示，橫軸為晶球重量(g)、縱軸為晶球彈性(cm)，而乳酸鈣溶液中，重量與彈性無關聯性($R^2_{\text{乳酸鈣}}=0.0364$)，但氯化鈣溶液中，重量與彈性仍輕微的關聯性($R^2_{\text{氯化鈣}}=0.3169$) 晶球越重、則彈性越好。



圖七：內、外濃度差與晶球彈性的關聯

五、結論與生活應用

(一)本研究中，如圖八所示：



圖八：化學藥劑濃度與晶球重量和彈性的關聯

(1)我們選擇可以食用的乳酸鈣、氯化鈣，當作鈣離子的來源。

(2)實驗結果得知：①海藻酸鈉濃度皆對於晶球彈性、重量有正相關。

②鈣離子濃度皆對於晶球重量有負相關。

③晶球彈性受不同種類的鈣離子溶液種類所影響。

④因而乳酸鈣溶液下，重量與彈性亦有正相關：晶球重量越大，則晶球彈性越高。

(3)實驗結果迷惑：

①對乳酸鈣而言，鈣離子濃度與晶球彈性有高度正相關。

②承上，對氯化鈣而言，鈣離子濃度與晶球彈性無相關，但若換算成內外濃度差異，則氯化鈣溶液中，濃度差與晶球彈性有中度相關(圖：藍色箭頭)。

③因此我們推測：乳酸的酸性對於晶球形成有影響，所以建議未來調節鈣離子溶液的 PH 值，進而調節出晶球的薄膜厚度、管控出口感上的脆度、硬度。

(二)我們未來要：

(1)超大晶球：由實驗結果得知：

①鈣離子會固化海藻酸鈉，因此越多鈣離子則海藻酸鈉立即塑形成晶球，此與余(2017)、伍(2018)相似結論。

②反之鈣離子少，則晶球膜得以有延長性(尚未固化太多)。

➡因此若要做很大顆的晶球，則內環境要是「高濃度的海藻酸鈉」、外環境要是「低濃度的鈣離子溶液」，而選擇乳酸鈣比氯化鈣更佳。

(2)乳酸鈣的晶球更薄：乳酸鈣所製作出來的晶球較單薄，但卻讓口感上喪失「爆漿口感。」

(3)吳等(2016)指出：若浸泡時間越長，則形成的硬度會增加，因此未來可以探究浸泡鈣離子溶液對晶球彈性、硬度的影響。

➡本實驗藉由選取化學材料之濃度、Ca²⁺藥劑種類來了解晶球化分子料理的形成效果，期許未來能徹底研討適當 PH 值、浸泡時間等，而能使分子料理有「驚爆」晶球口感，以追求更符合消費者味蕾的期待(余, 2019)。

參考資料

吳佳蓉、陳彥劭、吳郁婷。2016。目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會國中組化學科。

余怡青。2017。分子料理的探究與食做-以晶球化反應為例。台北：龍騰出版社。科學探究化學 MIT：(8)11-17。

伍亭蓉、黃子恒、葉小嘉、陳苡亘。2018。鈣多晶球。中華民國第 58 屆中小學科學展覽會國小組化學科。

柯人彰。2019。自然科不思議：藻安!老師鈣賀~化學爆漿圓。探究與實作大全生物篇。台北：南一出版社。

余玟伶、邱郁瑜、賴怡如。2019。「爆」出新滋味。中學生小論文寫作比賽第 1080331 梯次。