

【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：洋菜凍可以多 Q ？

一、摘要：

為了測試洋菜凍可以多 Q，以球形模具將洋菜凍製成球體，進行彈性檢驗。

先將 2%(w/w)、直徑 3 公分的洋菜凍球體於不同的高度以自由落體的方式釋放，使用高速攝影記錄球體碰撞剛性地面前後之運動軌跡，讀取影像中球體之最高反彈位置，計算其彈性恢復係數(C_r)，數值高者決定為最佳釋放高度，為 19.5 公分(質心位置)。接著以最佳釋放高度測試洋菜濃度不同的球體，得彈性最佳濃度為 6%。進而再測試大小不同之球體，得彈性最佳直徑，為 2 公分。

最後，綜合上述條件：釋放高度 19.5 公分、成分濃度 6%、與球體直徑 2 公分，也製作不同材料(低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉、樹薯粉，與玉米粉)的球體進行彈性測試，發現彈性最好的仍是洋菜凍球體(彈性恢復係數：0.76)，其次是玉米粉與中筋麵粉的(彈性恢復係數分別是 0.40、0.39)。

二、探究題目與動機

「彈跳的果凍」、「晃動的布丁」、「入口時浮誇的驚豔表情」.....有些食品會以吃起來 Q、Q ㄉㄉ，或彈牙為號召，這些食品多因加了一些凝膠物質。除了明膠(動物性來源)與蒟蒻(植物性來源)之外，用途最廣泛的大概就是洋菜了。洋菜，亦稱寒天，提取自紅藻，凝膠機制屬於熱凝膠，有別於明膠之蛋白質凝膠或海藻酸鈉之化學凝膠等。在洋菜加熱煮沸並降溫冷卻的過程中，其中的硫酸酯半乳聚糖經過自由纏繞、雙重螺旋，與聚集等三個階段的明顯變化後，形成了網狀結構，可包含溶劑與其他分散介質而使整個體系失去流動性而形成半固體。是否膠體的彈性會因受力的大小、洋菜的濃度，或膠體的體積等因素而發生改變，便是一個有趣而且吸引人的研究主題。為了避免膠體的形狀影響受力的方向，在以下實驗中膠體採球體的形狀進行。

三、探究目的與假設

以彈性恢復係數(C_r)為應變變因，依序以洋菜凍球體之釋放高度、洋菜濃度，與球體大小為操縱變因，應可得球體於彈性最佳時之條件；最後也以其他幾種不同的材料製成球體，互相比較其彈性大小。

四、探究方法與驗證步驟

1.製作 2%(w/w)洋菜凍球體：

- (1)秤取 2.0 公克的洋菜粉。
- (2)加入逆滲透水(由千山淨水逆滲透機 RO630 所製)至總重量為 100 公克。
- (3)將上述溶液隔水加熱，時時攪拌，直至洋菜粉完全溶解(圖一)。
- (4)補充水分於上述溶液中直至原來重量，彌補加熱過程中所蒸發之水分，並攪拌均勻。

(5)將上述溶液以滴管注入球型模具(內徑 3 公分)中(圖二) , 待溶液冷卻、凝固。

(6)脫去球型模具 , 可得洋菜凍球體(圖三)。

註：1%的洋菜凍溶液經測試 , 無法凝固成形、無法製成球體。



圖一、隔水加熱。



圖二、將洋菜凍溶液注入球形模具。



圖三、模具與球體。

2.測試洋菜凍球體的彈性(Q 度)：

(1)取 1.所製成之洋菜凍球體 , 於直尺刻度前由特定高度(質心位置 14.5、16.5、18.5、19.5、23.5、27.5、31.5 公分)以自由落體的方式釋放。

(2)以高速攝影的方式拍攝洋菜凍球體之運動軌跡(圖四)。

(3)檢視上述影片 , 讀取球體之最高反彈高度(質心位置)。

(4)以下列公式計算球體之彈性恢復係數：

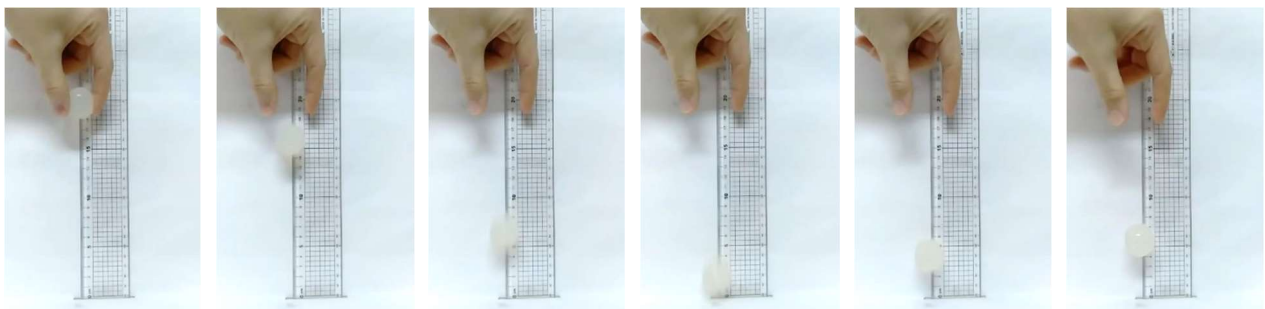
$$C_r = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

C_r ：彈性恢復係數。

H ：物體掉落前的高度

h ：物體彈回的高度

(5)以彈性恢復係數最高者為最佳釋放高度。



圖四、洋菜凍球體自特定高度釋放後之高速攝影紀錄。

3.測試洋菜濃度不同之球體的彈性：

(1)洋菜凍球體之製作方法與 1.相同 , 唯需改變 1.(1)洋菜粉的重量為 4、5、6、8、或 10 公克等(圖五)。

- (2)將製成之球體進行如 2.的彈性測試，採 2.(5)之最佳釋放高度進行。
- (3)以彈性恢復係數最高者為洋菜凍球體之最佳洋菜濃度。



圖五、洋菜濃度不同之洋菜凍球體。由左上至右下之球體的洋菜濃度分別為 1%(無法成形)、2%、4%、5%、6%、8%、與 10%。

4.測試大小不同之球體的彈性：

- (1)洋菜凍球體之製作方法如 1.，唯洋菜粉的重量採 3.(5)之最佳洋菜濃度。
- (2)將上述洋菜凍溶液注入大小不同的球形模具中。模具之內徑分別為 2、3、4、5、與 6 公分等(圖六)。
- (2)將製成之球體進行如 2.的彈性測試，採 2.(5)之最佳釋放高度進行。
- (3)以彈性恢復係數最高者為洋菜凍球體之最佳大小。



圖六、大小不同之球形模具(圖左)與所製成之洋菜凍球體(圖右)。由左上至右下之球體的直徑分別為 2、3、4、5、與 6 公分。

5.製作材料不同之球體並測試其彈性：

- (1)以不同的材料(低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉、樹薯粉，與玉米粉)進行球體之製作，條件採用如上之洋菜凍球體最佳濃度與最佳大小。
- (2)將上述溶液以滴管注入球形模具，置於電鍋內加熱蒸熟，使之固化、形成球體(圖七)。
- (3)採如上之最佳釋放高度進行彈性之觀察。

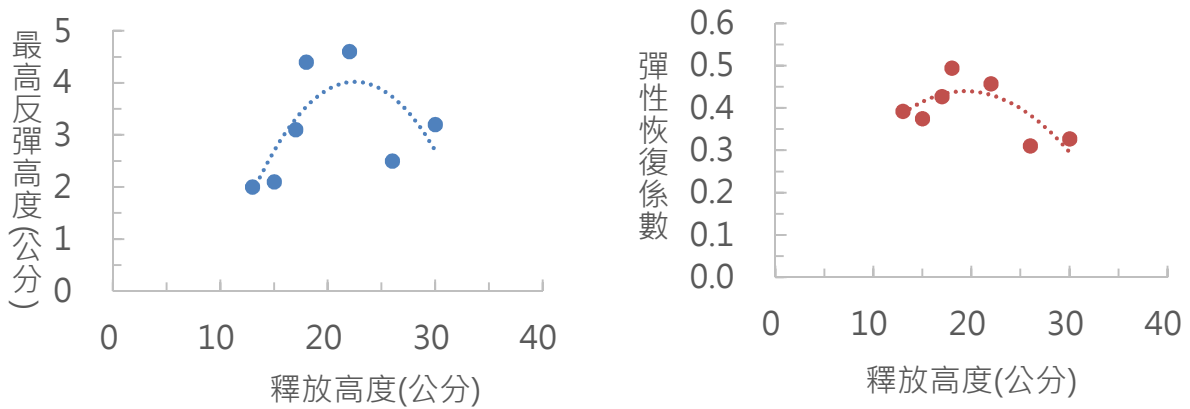


圖七、材料不同之球體。由左上至右下之球體的材料分別為低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉、樹薯粉，與玉米粉。

五、結論與生活應用

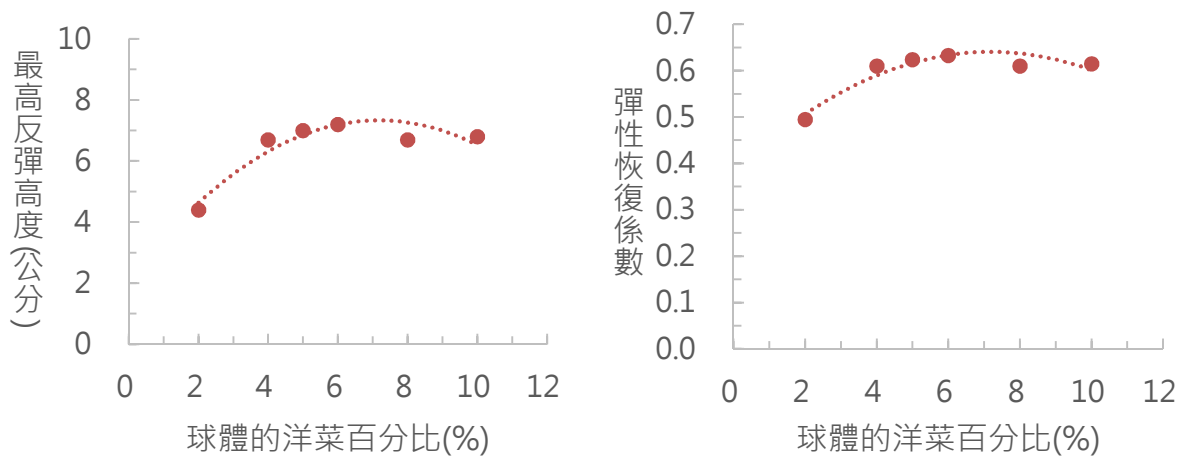
(一)實驗結果

1.洋菜凍球體之最佳釋放高度：19.5 公分(質心位置，彈性恢復係數：0.49)。



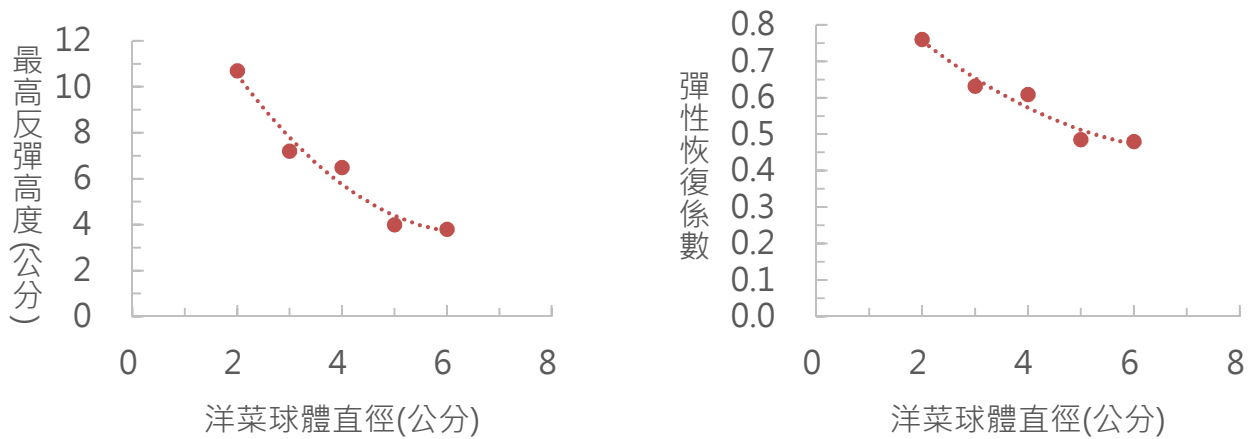
圖八、洋菜凍球體之釋放高度與最高反彈高度(圖左)以及彈性恢復係數(圖右)的關係。

2.洋菜凍球體之最佳濃度：6%(採最佳釋放高度 19.5 公分，得彈性恢復係數：0.63)。



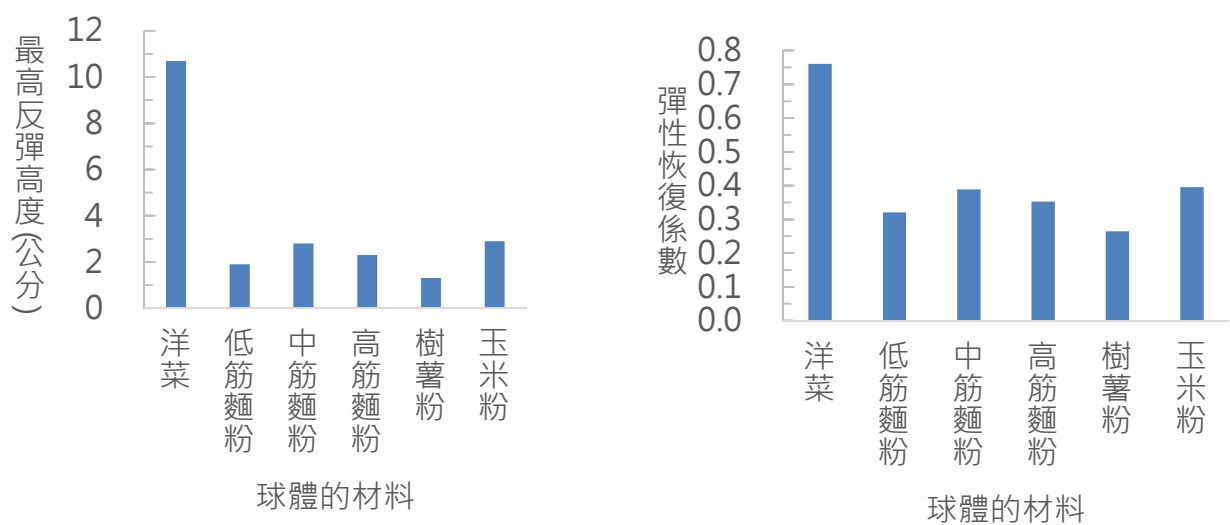
圖九、洋菜凍球體之洋菜百分比與最高反彈高度(圖左)以及彈性恢復係數(圖右)的關係。

3. 洋菜凍球體之最佳大小：直徑 2 公分(採最佳釋放高度 19.5 公分、洋菜最佳濃度 6%、得彈性恢復係數：0.76)。



圖十、洋菜凍球體之直徑大小與最高反彈高度(圖左)以及彈性恢復係數(圖右)的關係。

4. 材料不同之球體的彈性：洋菜凍球體的彈性最佳(採釋放高度 19.5 公分、成分濃度 6%、球體直徑 2 公分，得彈性恢復係數：0.76)，玉米粉與中筋麵粉的次之(彈性恢復係數：0.40、0.39)



圖十一、球體之材料與最高反彈高度(圖左)以及彈性恢復係數(圖右)的關係。

(二) 結論

綜合上述所得資料，球體彈性最佳時的條件為：直徑 2 公分、濃度 6% 的洋菜凍球體自 19.5 公分(質心位置)的高度自由落下。如此可得最高反彈高度 11.7 公分(質心位置)與最大彈性恢復係數 0.76。

(三)討論

- 1.洋菜凍球體經撞地後，內部結構可能有所破壞(尤其是洋菜濃度較低者)。故需製作相同的球體數個，反覆進行彈性測試，以彈性表現最佳者記錄為實驗數據。



圖十二.每種洋菜凍球體有時需製作多個備用。

- 2.最佳釋放高度目前定位於球體質心位置 19.5 公分的高度，但，是否應改採定位於球體下緣的高度位置 18 公分，仍有討論空間。
- 3.計算彈性恢復係數時乃假設球體撞地時不發生形變；如果考慮形變，則質心的掉落高度可修正為： $(\text{球體釋放時下緣位置} + \text{球體半徑}) - \text{球體撞地最大形變時高度} \div 2$
同理，質心彈回高度也需要作相同之校正。
- 4.洋菜凍球體製成時，表面會有許多如毛細孔般的小坑洞，推測為洋菜凍溶液於加熱攪拌時產生的小氣泡所致，這或許會影響球體的彈力，可考慮在製作時加入適合的消泡劑。
- 5.以其他材料所製成之球體其彈力仍有許多影響因素值得探討，例如，固化溶液時的加熱方法、麵粉溶於水後需不需要揉製.....等。

(四)生活應用

- 1.以上實驗數據可供洋菜相關加工業者作為基礎研究之參考資料。
- 2.產生新的研究主題：食用洋菜相關製品時，將它切成約 2 公分立方的小塊後食用，除了增加安全性、避免噎到之外，或許也可以增加它的 Q 度(需要更進一步的實驗證明，並且還要考慮食材中的其他成分)。

參考資料

- 1.諸亞儂(2009)。生物學實驗。臺北市：三民
- 2.周業仁、李千毅(譯)(2005)。現代化學 II-跨領域的先進思維。(原著者：Philip Ball)。臺北市：天下遠見(原著出版年：2003)
- 3.陳澄河(2005)。創造無限可能的高分子材料。科學發展，389，59-63。
- 4.白方正(2019)。高分子添加劑。科學發展，559，14-20。
- 5.李宣緯、鄭如忠(2012)。有記憶的高分子。科學發展，476，12-15。
- 6.林鴻儒(2018)。神奇的水膠。科學發展，542，66-72。
- 7.董世煌(2012)。高分子材料的流動性與彈性。科學發展，476，17-21。
- 8.廖旭茂、王玉睿、梁書銘(2019)。綠色膠黏，交聯：硼砂的取代調查。2019年12月31日，取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=32845>