



chemistry

分子料理的探究 與「食」作 —以晶球化反應為例

教師 余怡青
大理高中



掃描QRcode，
下載教材電子檔

課程起源

身為自然科教師的我，上個學年竟不務正業，開設起選修課程——「未來廚房」，教學生做「分子料理」。這一切都是源自於一堂跟冬至這個二十四節氣之一有關的地球科學課。當時為了應景，也想讓學生有特別的體驗，我在教室用電磁爐煮湯圓請同學吃。在等待湯圓煮熟的同時，我們也沒閒著，大家七嘴八舌討論起：

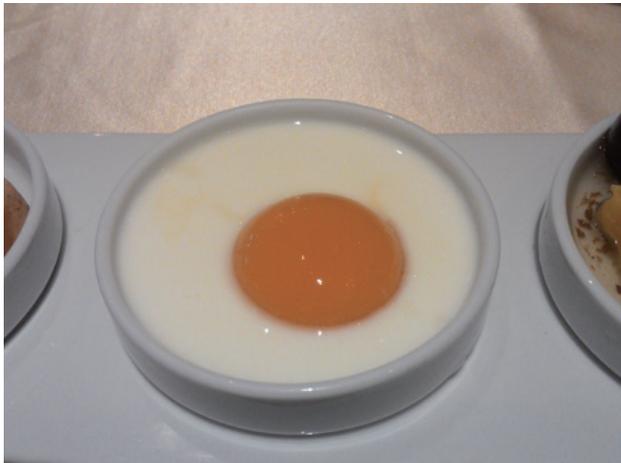
「為什麼湯圓煮熟會浮起來？」「電磁爐如何加熱？」最後更從煮湯圓的熱對流現象延伸討論到「白天吹山風還是谷風？白天吹海風還是陸風？」等有趣的聯想。學生專注討論的神情中還帶有一絲期待，閃閃發光，令人難忘。課後，想開一門「有得吃、有得玩、有得學」課程的念頭在心中萌芽。同時，學校的餐飲科老師，也想讓傳統烹飪課添加科學的元素，於是，這門跨自然科與餐飲的課程——「未來廚房」就此誕生了。

分子料理簡介

介紹分子料理之前，讓我們先從分子料理最經典的菜色——芒果優格蛋（圖一）、液態氮冰淇淋（圖二）以及舒肥牛排說起。芒果優格蛋外

觀看起來像荷包蛋，放到嘴巴裡品嚐，吃到的是芒果醬口味的蛋黃，以及優格口感的蛋白，味覺與視覺的差異，交織成令人驚豔的感官衝突。液態氮冰淇淋則是利用液態氮低溫（ -195.6°C ）的特性，急速將冰品原料冷凍，因為快速冷凍所以冰晶顆粒小，口感綿密。舒肥牛排的「舒肥」一詞來自法文，原意為真空，延伸的舒肥法為抽真空並使用低溫烹調的方法。經由舒肥法控制加熱溫度及時間烹調的牛排，整塊肉的熟成度一致，不像傳統煎煮法會有表面焦但中心還不熟的情況（圖三），且因為低溫烹煮，可以鎖住肉汁，兼顧美味、營養與健康。

透過以上的例子，我們可知「分子料理」的內涵，「分子料理」是一門結合烹調與科學的跨領域技術，透過物理和化學變化將食材重新解構，讓吃到與看到不一樣，像芒果優格蛋；另一方面，我們也研究烹調背後發生的物理和化學變化，讓料理變得更美味，像舒肥牛排及液態氮冰淇淋。做為科學教師的我，遇到這樣有趣的題材，可讓學生保有高度學習科學的動機，豈能錯過。



圖一：芒果優格蛋



圖二：液態氮冰淇淋製作



(a) 舒肥法



(b) 傳統油煎法

圖三：舒肥法與油煎法比較：

(a) 舒肥法烹調的肉，從裡到外熟成度都一樣 (b) 傳統油煎法烹調的肉，表面焦但中心還不熟

課程設計

有趣的題材若搭配良好的課程設計，將發揮其最大價值。本課程採用Inquiry-Based Science Education (IBSE) 探究式的教案設計。與傳統食譜式的實驗不同，IBSE是由學生透過觀察或任務定義自己的題目，並設計實驗自己解決，最後透過發表互相觀摩（圖四）。



圖四：Inquiry-Based Science Education (IBSE)



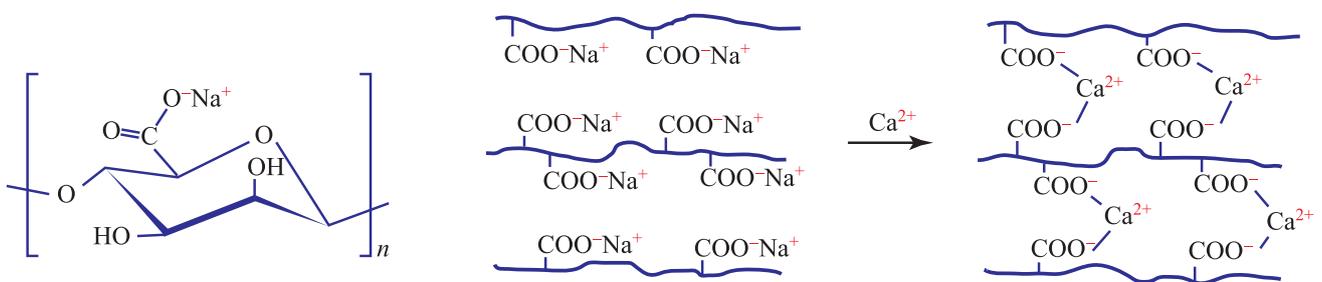
1. 課前預備：教師在課前需設定好學習目標，並依學習目標準備公共桌器材。
2. 觀察：依學習目標設計情境讓學生觀察，或是設計任務讓學生達成。設計的情境、任務要有足夠的趣味性才能引起學生探究的動機。
3. 定題：透過觀察，自己想三個問題之後，與組內同學分享問題，把相同的問題刪去。小組派人輪流分享問題，教師從準備的器材將問題分成兩類：可以當場解決及不能當場解決。請每一組從可以當場解決的問題中選一個。
4. 假設：依選擇的問題討論出假設。提醒同學解決問題的整個過程要詳加記錄。
5. 實驗：設計實驗來證實假設。看過公共桌材料後，再修正實驗一次。此步驟是培養學生利用現有工具解決問題的能力（若主題較發散，學生不容易發揮想像，可以直接看公共桌器材設計實驗）。在實驗過程中，除用圖形及表格整理實驗數據、現象，也要將發現的問題記錄下來。
6. 結論與分享：請學生將結論及整個流程寫在海報紙上，並整理成一分鐘的講稿。輪流上台報告，在臺下的各組必須想一個問題問臺上報告的組別。
7. 延伸再應用：教師設計一個新的任務給學生，要完成此任務必須達到上個階段的學習目標。

教案分享

1. 晶球化反應：本篇將以分子料理最令人驚豔的晶球化反應為例，談論如何設計探究性的實作教案。把晶球放進嘴裡，咬破薄膜，裡面的汁液蹦出，口感就像鮭魚卵。市面上，冰品飲料店的波波球、魔豆及上述的芒果優格蛋都是利用晶球反應作成的。如要製作芒果口味晶球需要將芒果醬加入海藻酸鈉水溶液混合，滴入鈣離子鹽類的水溶液中（乳酸鈣、氯化鈣等）等待數秒，芒果口味的晶球便完成了。海藻酸鈉為褐藻的萃取物，是鏈狀的高分子聚合物，其水溶液黏稠，常被用來當作冰淇淋、麵條的增稠劑或是穩定劑。如碰到鈣離子，鈣離子會取代海藻酸鈉的鈉離子，發生交聯反應，將原本的鏈狀聚合物變成網狀聚合物，形成晶球薄膜（圖五）。
2. 教案分享（本教案總時數為四小時，分成兩次上課）：

(1) 爆漿晶球

- ① 事前準備：教學目標是讓學生透過製作可食用的晶球，學會交聯反應機制與用眼睛觀察高分子聚合物結構改變的過程，最後的延伸應用為檢驗自製晶球的耐酸性。依教學目標，公共桌上應有海藻酸鈉、含鈣離子鹽與不含鈣離子的水溶液，讓學生探究。以下是公共桌的準備材料：



圖五：海藻酸鈉的交聯反應



品名	數量	品名	數量
1%海藻酸鈉水溶液	每組預估200mL	滴管	每組5支
0.5%乳酸鈣水溶液	每組預估200mL	滴瓶(50mL)	每組5個
1%氯化鈉水溶液	每組預估200mL	透明杯	每組10個
1%糖水	每組預估200mL	攪拌棒	每組5支
食用色素(紅、黃、藍、綠)	每組一盒	湯匙	每人1支
檸檬(延伸活動使用)	每組一顆	廣用指示劑(延伸活動使用)	一盒
優格(延伸活動使用)	兩組一小盒	養樂多(延伸活動使用)	一組一瓶

② 晶球化反應的IBSE流程



▲ 圖六：晶球化反應的IBSE課程設計

▲ 圖九：實驗中

▲ 圖七：學生提出的問題

▲ 圖八：設計實驗



圖十：實驗成果

(2) 延伸活動：晶球一粒粒，健康又美麗

- ① 讓學生閱讀和晶球優酪乳有關的文章，並回答學習單問題（40分鐘）：問題是採用聚焦式討論，透過閱讀、理解文章，知道晶球要進入腸道會面臨哪些問題，最後利用公共桌的器材設計實驗，證明自製晶球可以抵擋胃酸，進入腸道。
- ② 進行實驗（30分鐘）。
- ③ 將實驗流程及結果畫在海報上，並發表（30分鐘）。



圖十一：製作海報及發表

經驗分享與結語

在課堂中，最常聽到的是師生的笑聲及詢問：「老師，可以吃了嗎？」的聲音，這樣富含趣味性的探究與「食」作課程，深受學生喜愛。對老師而言，能透過不同於講臺的角度觀察學生，欣賞他們的優點，是種幸福，但過程中也面臨幾項大挑戰：

1. 備課時間：IBSE課程需要比較多的備課時間。要縮短備課時間，可以靠教師社群共同備課，除可大幅縮短備課時間，因每位教師的專業、注意的點不同，可將教案修改得更完備。

2. 準備公共桌器材：公共桌的器材的選擇，要讓學生從中學會教師設定的教學目標，同時又不失探究性，所以不能太過直接，有時還要加入其他器材，混淆視聽，教師需要比較多的經驗才能拿捏得恰到好處。
3. 問題的轉換：在定題時，有時學生的問題和教學目標脫離太遠，有時問題會變成假設，例如：晶球薄膜的厚度與浸泡時間有關，這時教師要將問題轉化成：「晶球薄膜的厚度與什麼因素有關？」有技巧性地轉化問題，才能切合教師預設的教學目標。



4. 實驗中，忍住不說：學生在實驗時，教師的任務為確保學生的實驗及活動切合要解決的問題，所以當學生做實驗出現問題，詢問要怎麼辦時，請學生記錄問題，不要忍不住把答案說出來了。
5. 課程時間：IBSE的課程，學生需要多比較多時間進行探究，受限於教學時間，無法每個教學主題都依照這樣的流程學習，這時可以採取折中的做法，在學期初，從觀察到結論、發表及延伸，做一次完整的IBSE學習，讓學生對於如何探究有架構性的概念，之後每次只針對某幾個步驟的能力做課程設計，例如：請學生調整海藻酸鈉及乳酸鈣濃度做出最薄的晶球，訓練其實驗步驟中探討變因關聯的能力。

透過探究式(IBSE)的課程設計，學生除學會教師設定的課程目標、知識內容，更重要的是熟悉解決問題的流程，盼望我們的學生能透過一次又一次的練習，累積經驗，增進其科學素養，以後遇到人生中難解的習題，也會利用這套方法自己去解決。這不就是身為教師的你我，最殷切的期盼嗎？

歡迎加入我們臉書社群—「106-感動美味-分子料理-探究與實作課程研發」，跟我們一起探究與「食」作吧！



圖片來源

圖一、圖二、圖六～圖十一：余怡青老師提供
圖三：shutterstock



輔助配套：學習單

晶球一粒粒 健康又美麗

一聽到晶球，大家馬上就會想到廣告台詞「晶球一粒粒，健康又美麗」。晶球優酪乳為何有這樣的功能呢？這是因為晶球把乳酸菌包埋起來，提供保護效果，避免優酪乳中的乳酸菌在飲用後，通過人體腸胃道時，被胃酸、膽鹽破壞。乳酸菌除了怕酸，食品加工階段乾燥、低溫的環境，也會使乳酸菌的存活率下降，這時將乳酸菌包裹於晶球中，便可以克服加工環境，保存下來。

晶球外層的膠膜原料為K-紅藻膠及褐藻酸鈣，製造方式可以採用擠出法或乳化法。擠出法是用針筒吸取含乳酸菌的膠態溶液，用針頭滴入促凝劑，使它凝固成晶球。乳化法則是讓乳酸菌膠液分散於大量油中，形成乳化狀態，與擠出法相同，再加入促凝劑便可形成晶球。但使用擠出法製作的晶球較大，其大小與針頭粗細有關，也因為製作方式較簡單，較常採用。

乳酸菌晶球有多元化的製作方式及應用，預期將來可以將晶球技術運用在更多方面，發揮其價值。

Q：你看到什麼？

晶球可以保護乳酸菌，防止被胃酸、膽鹽破壞；晶球可以克服乾燥、低溫的環境；可以用擠出法、乳化法製做晶球；擠出法晶球大小與針頭粗細有關。

Q：你直覺的想法？

晶球可以提供很好的保護。

可以做多大的晶球？

Q：乳酸菌到達腸道要克服哪些困難？可能會跟晶球的哪些因素有關？

酸鹼值、壓力、溫度。

膜的厚薄、晶球大小。

Q：請設計一個實驗證明，乳酸菌晶球可以克服胃酸到達腸道。

1. 找資料，查詢胃酸的pH值、食物在胃裡停留時間。
2. 用檸檬或鹽酸調配與胃酸相同pH值溶液。
3. 自製晶球。
4. 將自製晶球放入與胃酸相同pH值溶液。
5. 每隔5分鐘記錄晶球狀況（膜有無破裂、大小變化）至食物停留在胃裡的時間。