



嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：62

科 別：環保與民生

組 別：國中組

作品名稱：藝術與創新的舌尖風暴—分子料理

關 鍵 詞：分子料理 晶球化 乳化作用

編 號：G214

附件 8：作品說明書封面

(本封面由報名系統自動產生。貴校已上網報名，故免填寫、免上傳)

嘉義縣第 62 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書（封面）

科 別： 環保與民生

組 別： 國中組

作品名稱： 藝術與創新的舌尖風暴-分子料理

關鍵詞：分子料理 晶球化 乳化作用（最多三個）

編號：（系統自動產生）

藝術與創新的舌尖風暴-分子料理

摘要

一、晶球化作用：

本研究主要在比較晶球化作用的特性。晶球化作用是因海藻酸鈉接觸到氯化鈣時，鈣離子取代鈉離子，並與另一條線性直鏈的海藻酸形成離子架橋，當許多直鏈海藻酸間形成架橋構造，便形成晶球。

本實驗的正晶球化作用結果，是以加入氯化鈣的晶球寬度>磷酸鈣的晶球寬度>碳酸鈣的晶球寬度；而反晶球化作用結果，含鈣溶液有冷凍：氯化鈣的晶球膜厚度、重量>磷酸鈣的晶球膜厚度、重量>碳酸鈣的晶球膜厚度、重量；含鈣溶液未冷凍：碳酸鈣的晶球寬度>氯化鈣的晶球寬度>磷酸鈣的晶球寬度，且以冷凍後的含鈣溶液較易形成晶球膜。

不同含鈣溶液所形成的晶球，無論是晶球膜厚度、寬度或重量都不一樣，這樣的特性可用於控制料理的口感。

二、乳化作用：

比較蛋黃與蛋白二種材料，乳化的差異性及可用性。乳化作用是由同時含有親水基與親油基的乳化劑，將原本不互溶的水跟油混合在一起。本研究發現蛋黃比蛋白更易乳化，而肥皂亦可當做乳化劑使用，且比蛋白更易乳化。乳化的速度：蛋黃>肥皂>蛋白。其實，我們的生活周遭有許多唾手可得的乳化劑，若是能善用它的特性，必能更有效率的利用。

壹、研究動機

有一次和家人到餐廳用餐，這家餐廳非常特別，裡面有許多美味的分子料理，形狀各異，每一道分子料理，都能帶來視覺和味覺的享受與衝擊，讓我對分子料理產生濃厚的興趣，因此引起我想要自己動手做做看的念頭。

貳、研究目的

本實驗係以不同含鈣溶液對晶球化的影響，及研究不同乳化劑效用的差異，以探討分子料理中所形成的晶球，本實驗所探討的問題如下：

一、晶球化作用

(一)何謂晶球作用

(二)如何製作品球

(三)研究不同含鈣溶液對於晶球的影響

1、正晶球化反應

2、反晶球化反應

(四)分子料理-晶球化作用

二、乳化作用

(一)乳化作用原理

(二)研究不同乳化劑的效用差異

1、蛋白與蛋黃效用差異

2、肥皂是否可當乳化劑使用

參、研究設備及器材

設備：電動打蛋器、計時器、電子秤、相機

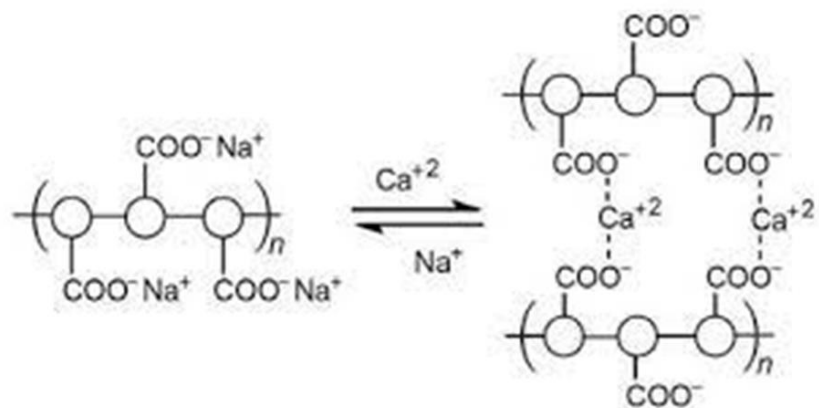
器材：海藻酸鈉、氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣、蛋、肥皂、油、水、果汁、紅色食用色素、滴管、量杯、打蛋器、濾網、湯匙、不鏽鋼容器

肆、研究過程或方法

一、晶球化作用

(一)何謂晶球作用：

當海藻酸鈉接觸到鈣離子時，鈣離子可以取代鈉離子，並與另一條線性直鏈的海藻酸形成離子架橋。這樣手拉手的結構，使海藻酸鈉分子間的聯結性更強，形成一個三度空間的網狀組織結構，像蛋盒一樣，當許多直鏈海藻酸間形成架橋構造，便會形成膠狀狀態(如圖一所示)。



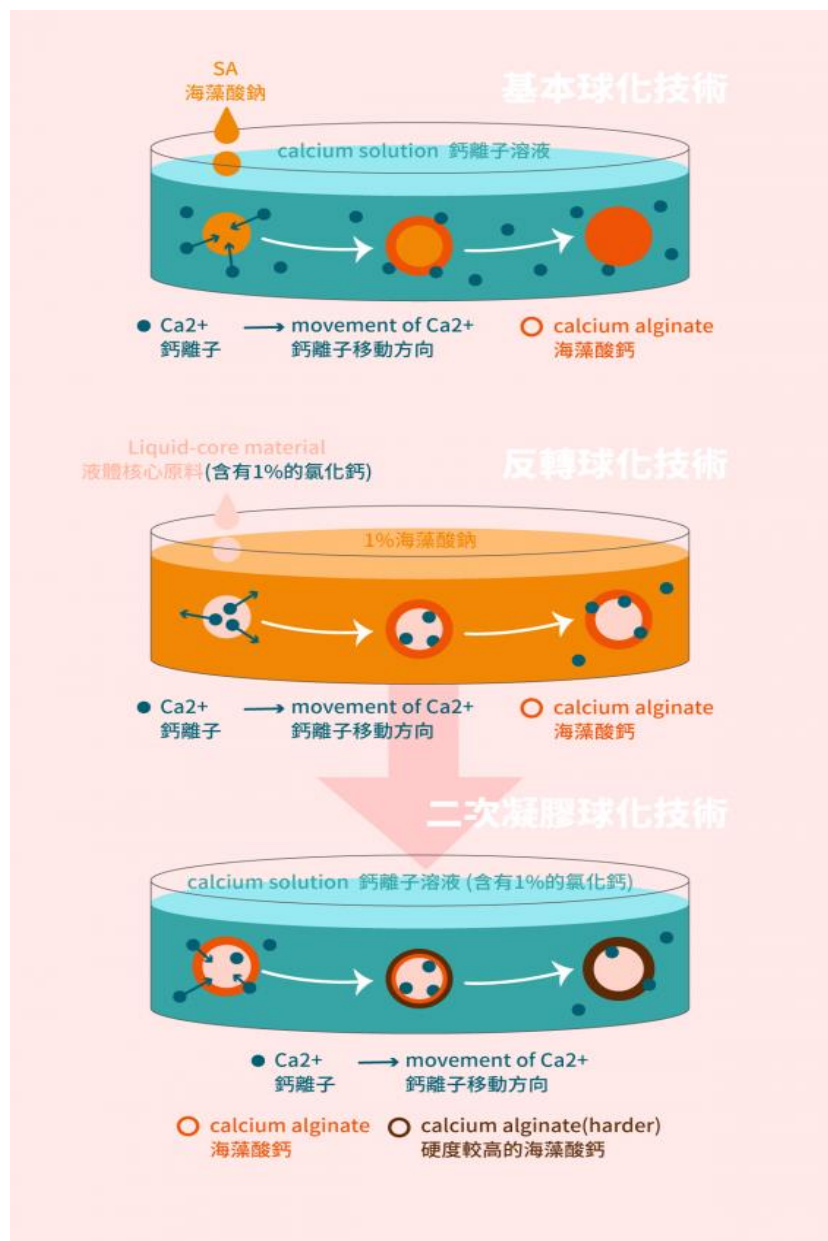
圖一 氯化鈣(CaCl_2)中的 Ca^{2+} 取代海藻酸鈉的 Na^+ 示意圖
(資料來源：NTCU 科學遊戲 Lab)

晶球作用可分為以下三種(如圖二所示)：

1、基本球化技術(正晶球化)：採用直接滲透，在食品溶液中(如果汁等)，加入海藻酸鈉，然後滴入含有鈣離子的溶液中。

操作簡單，但成膠速度會受鈣離子擴散影響，長時間反應甚至會變成整顆球體凝膠，因此較適用於餐廳廚房快速製備上桌的分子料理。

- 2、反轉球化技術(反晶球化)：利用食品本身含鈣的特性，或額外添加鈣的方式，滴入褐藻酸鈉溶液，讓周圍膠化形成膠膜，所形成的球殼厚度通常比基本球化的球殼再厚一點，較容易維持球形，但相對不脆且不易爆開，此方法可以預先製備球體，也能夠避免酸性、含酒精或本身含有大量鈣離子的液體無法適當溶解海藻酸鈉的問題。
- 3、二次凝膠球化技術：是將反晶球化所形成的晶球，再放入鈣離子溶液中，形成更強的交聯反應，以提升膠膜穩定度，此種方法常用於保護與控制釋放機能性成分之晶球製作。



圖二 常見晶球化技術(原圖參考資料 Tsai et al 2017)

(二)如何製作晶球

1、正晶球化作用：

將要成為晶球的液體中，加入海藻酸鈉粉末，使粉末均勻溶解，再用滴管或針筒吸起，將其滴入含有鈣離子的溶液，等數分鐘後使得表面發生化變化，形成膠狀的外皮。

(1)實驗材料：電子秤、海藻酸鈉、氯化鈣、水、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器



(2)實驗步驟：



步驟一：將 100mL 的水加入 1g 的海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：將 100mL 的水加入 1g 的氯化鈣並攪拌至溶化



步驟四：將海藻酸鈉溶液滴入氯化鈣溶液並濾出晶球

2、反晶球化作用：

將要成為晶球的液體中，加入鈣離子粉末，使粉末均勻溶解，再放入含有海藻酸鈉的溶液，等數分鐘使得表面發生化變化，形

成殼狀的外皮。

- (1)實驗材料：電子秤、海藻酸鈉、氯化鈣、紅色食用色素、水、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器



(2)實驗步驟：



步驟一：將 100mL 的水加入 1g 的海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：將 100mL 的水加入 1g 的氯化鈣及紅色食用色素並攪拌至溶化



步驟四：將氯化鈣溶液滴入海藻酸鈉溶液並濾出晶球

(三)不同含鈣溶液對於晶球的影響

1、正晶球化反應

- (1)實驗材料：電動打蛋器、電子秤、相機、海藻酸鈉、氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣、紅色食用色素、水、滴管、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器、燒杯



(2)實驗步驟：



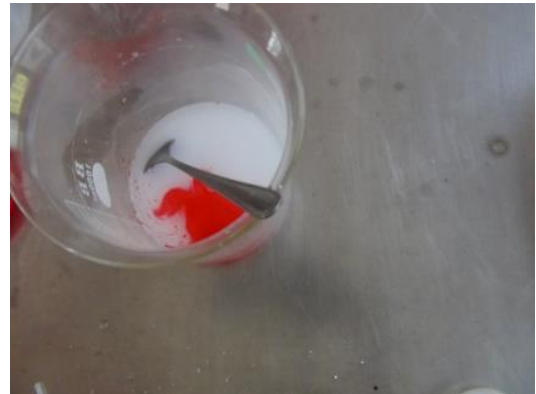
步驟一：將 100mL 的水加入 1g 的海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：分別將 1g 的氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣，加入 100mL 的水並攪拌



步驟四：加入色素

步驟五：將海藻酸鈉溶液滴入不同含鈣溶液中，再濾出晶球並測量其寬度。

2、反晶球化反應

由於反晶球化較不易形成晶球膜，所以先將含鈣溶液經冷凍

後再進行實驗。

2-1 含鈣溶液有冷凍

(1)實驗材料：電子秤、相機、海藻酸鈉、氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣、水、滴管、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器、製冰盒



(2)實驗步驟：



步驟一：將 100mL 的水加入 1g 的海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：分別將 1g 的氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣，加入 100mL 的水並攪拌



步驟四：將其冷凍

步驟五：分別將含鈣溶液冰凍後，再放入海藻酸鈉溶液浸泡 20 分鐘後濾出晶球。

2-2 含鈣溶液未冷凍

(1)實驗材料：電子秤、相機、海藻酸鈉、氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣、水、滴管、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器、電動打蛋器、紅色食用色素、燒杯



(2)實驗步驟：



步驟一：將 100mL 的水加入 1g 的海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：分別將 1g 的氯化鈣、碳酸鈣、磷酸鈣，加入 100mL 的水並攪拌



步驟四：加入色素

步驟五：將含鈣溶液分別滴入海藻酸鈉溶液並撈出晶球。

(四)分子料理-晶球化作用

- 1、實驗材料：電子秤、相機、海藻酸鈉、氯化鈣、水、滴管、量杯、濾網、湯匙、不鏽鋼容器、果汁



2、實驗步驟：



步驟一：將 100mL 的果汁飲品加入 1g 的食用級海藻酸鈉並攪拌



步驟二：將海藻酸鈉溶液過篩



步驟三：將 100mL 的水加入 1g 的食用級氯化鈣並攪拌至溶化



步驟四：將海藻酸鈉溶液滴入氯化鈣溶液

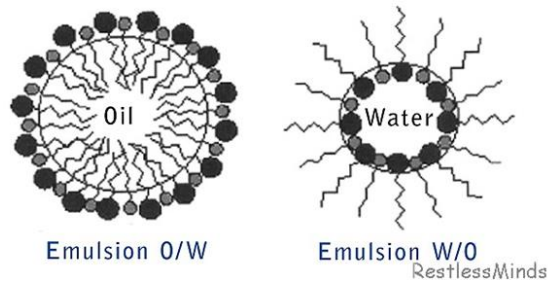


步驟五：濾出晶球

二、乳化作用

(一) 乳化作用原理

由同時含有親水基與親油基的乳化劑(如圖三), 將原本不互溶的水跟油能均勻混合在一起。



圖三 親油基和親水基的乳化劑



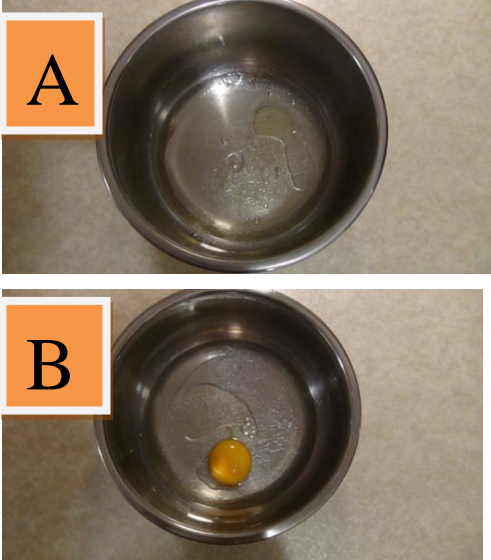

(二) 研究不同乳化劑的效用差異

1、蛋白與蛋黃效用差異

(1) 實驗材料：電動打蛋器、計時器、滴管、電子秤、相機、蛋、油、水、量杯、湯匙、不鏽鋼容器



2、實驗步驟：

 <p>步驟一：加入 50mL 的水和 50mL 的油到盆子 A</p>	 <p>步驟二：加入 50mL 的水和 50mL 的油到盆子 B</p>
 <p>步驟三：將蛋白和蛋黃分別加入盆子 A 和盆子 B</p>	 <p>步驟四：用打蛋器攪拌並計時</p>

2、肥皂是否可當乳化劑使用

(1)實驗材料：打蛋器、計時器、相機、油、水、肥皂、量杯、湯匙、不鏽鋼容器



(2)實驗步驟：



步驟一：加入 50mL 的水和 50mL 的油到盆子



步驟二：加入肥皂



步驟三：攪拌至乳化並計時






步驟四：乳化結果

伍、研究結果

一、晶球化作用

(一) 研究不同含鈣溶液對於晶球的影響




1、正晶球化反應

含鈣溶液 結果	氯化鈣	碳酸鈣	磷酸鈣
照片			
寬度(mm)	7	4	5

結果：氯化鈣的晶球寬度>磷酸鈣的晶球寬度>碳酸鈣的晶球寬度




2、反晶球化反應

(1)含鈣溶液有冷凍

含鈣溶液 結果	氯化鈣	碳酸鈣	磷酸鈣
照片			
晶球膜厚度(mm)	3	太薄無法測量	2
重量(g)	16	1	10

結果：氯化鈣的晶球膜厚度、重量>磷酸鈣的晶球膜厚度、重量>碳酸鈣的晶球膜厚度、重量，且冷凍後較易形成晶球膜

(2)含鈣溶液未冷凍

含鈣溶液 結果	氯化鈣	碳酸鈣	磷酸鈣
照片			
寬度(mm)	4	12	3

結果：碳酸鈣的晶球寬度>氯化鈣的晶球寬度>磷酸鈣的晶球寬度

二、乳化作用

(一) 研究不同乳化劑的效用差異

1、蛋白與蛋黃效用的差異

材料	蛋白(A)	蛋黃(B)
結果	泡沫較少	泡沫較多
時間(秒)	55	24
	52	23
	48	21
平均	51.7	22.7

結果:蛋黃乳化時間較蛋白乳化時間快。

2、肥皂是否可以當乳化劑使用

材料	蛋白(A)	蛋黃(B)	肥皂
時間(秒)	55	24	37
	52	23	31
	48	21	32
平均	51.7	22.7	33.3

結果:肥皂可以幫助乳化，且乳化時間比蛋白快。

陸、討論

一、晶球化作用

(一) 研究不同含鈣溶液對於晶球的影響：

1、正晶球化反應：以氯化鈣的晶球寬度>磷酸鈣的晶球寬度>碳酸鈣的晶球寬度。因各種鈣離子化合物與褐藻酸鈉溶液的反應速率不同，藉由使用不同種鈣離子化合物（如：氯化鈣，乳酸鈣與葡萄糖酸鈣）所造成反應速率的差異，可以製造適當厚薄與硬度的晶球膠膜。

2、反晶球化反應：以冷凍後的含鈣溶液較易形成晶球膜。因高溫可以加快鈣鹽與海藻酸鈉的溶解速度，這時海藻酸鈉還不會與鈣離

子產生反應，等到冷卻後反應生成「熱不可逆凝膠」，故冷凍後有利於其形成晶球膜。

二、乳化作用

(一)不同乳化劑的效用差異

- 1、蛋黃與蛋白效用差異：蛋黃比蛋白易乳化，因蛋黃中含有卵磷脂（脂質），故比蛋白更易乳化。
- 2、肥皂是否可以當乳化劑使用：因肥皂具有親油基與親水基，故亦可當乳化劑使用，但不適合用在食用的料理上。

柒、結論

一、晶球化作用

(一)研究不同含鈣溶液對於晶球的影響：

- 1、正晶球化反應：正晶球化作用中，氯化鈣的晶球寬度 $>$ 磷酸鈣的晶球寬度 $>$ 碳酸鈣的晶球寬度。

2、反晶球化反應：

- (1)含鈣溶液有冷凍：氯化鈣的晶球膜厚度、重量 $>$ 磷酸鈣的晶球膜厚度、重量 $>$ 碳酸鈣的晶球膜厚度、重量。

- (2)含鈣溶液未冷凍：碳酸鈣的晶球寬度 $>$ 氯化鈣的晶球寬度 $>$ 磷酸鈣的晶球寬度。

結論：以冷凍後的含鈣溶液較易形成晶球膜。可見溫度的高低，亦能影響晶球化的結果，而不同含鈣溶液所形成的晶球，無論晶球膜厚度、寬度或重量都不一樣，可以用於控制料理中的口感。

二、乳化作用

(一)不同乳化劑的效用差異

- 1、蛋黃與蛋白效用差異：蛋黃比蛋白易乳化，可用於大量生產且須乳化的食物。
- 2、肥皂是否可當乳化劑使用：肥皂可當乳化劑使用。且乳化時間比蛋白快。

結論：生活周遭有許多唾手可得的乳化劑，除了蛋黃及蛋白之外，還有卵磷脂及植物中的皂素，若是能善用它的特性，必能更有效率地使用。

除了料理之外，晶球化也可用於減塑行動，為了減少寶特瓶與塑膠的使用量所研發的 Ooho 可食用水球，也運用了晶球技術的原理。另外，也廣泛應用於醫學，食品，藥品與化妝品工業中。讓液體形式的食品可以轉變為固體、降低揮發性、保護機能活性、防止營養物質損失，以及增加吸收效率等功能，可見晶球化對生活的影響甚廣。

捌、參考文獻資料及其他

- 1、國中自然科學二下教科書。南一書局。第五章有機化合物。
 - 2、吳佳蓉、陳彥劭、吳郁婷。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作品說明書。取自：
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/030221.pdf>
 - 3、陳琮文、黃庭祐、李廷祐(私立文生高中)。(無日期)。分子料理的世界—晶球化作用。取自：
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2020/10/2020100612373646.pdf>
 - 4、梁菡苙、王瀨敏、陳品淵(中正高工)。(無日期)。分子料理—果香魚子醬。取自：
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03/2017032616555523.pdf>
 - 5、吳秉諺、鄭東壬、蕭健邦(國立中興大學附屬台中高級農業職業學校)。(無日期)。分子料理。取自：
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/2017110716230949.pdf>
- 【單篇文章，無作者】
- 6、分子料理 (無日期)。料理遇上科學。取自：
<http://cge.gec.nthu.edu.tw/wp-content/uploads/2019/03/quality107-1-11.pdf>
 - 7、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)。泛科學。取自：<https://pansci.asia/archives/164992>
 - 8、從炫技料理到可食用水球：食品科學中的晶球技術(下)。泛科學。取自：<https://pansci.asia/archives/165006>