

# 國中「化腐朽為神奇」全民科學週

## 教案設計與闖關實作

劉曉倩

國立彰化高級中學

[torrina01092002@yahoo.com.tw](mailto:torrina01092002@yahoo.com.tw)

### ■ 前言

花蓮縣自 2015 年起開始舉辦「花蓮縣全民科學週」(2017 年更名為北花蓮全民科學週)，以「探究式」、「動手做」、「教中學」及「合作學習」等多元方式，積極推動 K-12 學生的科學學習興趣，並在各校間產生迴響。科學週每年徵選主題教案，強調「知識性」、「動手做」與「創新與趣味」的實驗設計，同時結合教育部十二年國民基本教育課程綱要的學習能力及表現指標，將實驗室外的探究體驗融入正式課堂中。

2024 年是「北花蓮全民科學週」邁入第十年，活動彙整了過去 110 個教案及實驗示範影片，並於「全民 FUN 科學」平台上發布，為師生與民眾提供豐富的自主學習資源。國立東華大學北花蓮科普團隊由環境暨海洋學院楊悠娟教授領導，並邀請物理學系曾賢德教授與葉旺奇教授協助，聯合來自東華大學、花蓮縣內外的科普推廣夥伴，共同開發並推廣一系列探究實作活動(仿生與環境實驗室，2024)。

科學週闖關活動的設計，目的是引發學生對科學的好奇心，激勵他們親身參與並動手實驗，進一步將所學轉化為知識與能力。闖關活動的設計通常配合關主的教育程度、參與活動的對象、場地環境及闖關活動進行時間，而有所調整。闖關活動設計看似為課綱實驗的簡化，甚至有些像是科學遊戲，實際上只要參與過設計闖關活動的教師及學生就會知道要注意的細節很多！闖關活動時，夥伴的合作協調都需要經過多次的活動前溝通及實作才能培養好的默契。但是參與過後，無論是闖關活動的關主或者參與實際闖關的師生或科學同好者都會留下難忘的成長回憶。

本教案設計是 2021 年參與教案甄選入選「國中組」最佳教案設計，主題為「餐桌上的科學」，由日常生活中最重要的「吃」談起，探究食物在科學中蘊含的奧妙。內容以實驗探究式教學啟發學生理解電解質的定義，並引導學生從實作實驗認識強電解質與弱電解質的差異，

進而從電解質影響豆漿等膠體溶液產生沉澱的現象，啟發參與者對週遭生活環境產生好奇心及敏銳的觀察力（劉曉倩、謝侑霖，2021）。

## ■ 課程設計理念

教案設計源起於結合花蓮的自然環境與特色文化，讓學生了解如何製作豆腐，並體會花蓮水土與傳統技藝的重要性。花蓮的「好山好水」孕育出高品質的黃豆與潔淨的水源，這些都是豆腐製作的關鍵。豆腐不僅是健康的食品，還是一種能從嬰兒到老年人都享用的「沒有牙齒吃到沒有牙齒」的美味，具有廣闊的市場潛力。在這個教案設計中，學生將學習認識黃豆的成份與凝固劑的作用，並了解電解質對豆腐製作的影響，藉此傳承「做久就知」的傳統技藝背後的科學原理，讓豆腐製作不再只憑經驗，而是一門有科學可循的工藝學問。

## ■ 課程設計內容

### 一、引導發現問題

#### （一）引導問題的提出

讓學生觀察不同凝聚劑（如石膏、鹽滷等）對豆腐質地的影響，並引導學生思考：為什麼不同凝聚劑會產生不同的效果？豆漿的物質性質（真溶液、膠體溶液、懸浮液）如何影響凝固過程？

#### （二）知識基礎的建立：解釋「真溶液」、「膠體溶液」、「懸浮液」三者的主要差別

1. 真溶液：均勻分布且溶質粒子小於 1nm，光線無法產生散射。
2. 膠體溶液：溶質粒子大小在 1-100nm 之間，能散射光出現廷得耳效應。
3. 懸浮液：溶質粒子 1000nm 以上，會容易產生沉澱。

製作豆腐的原料豆漿為一種膠體溶液，膠體溶液能維持粒徑在  $10^{-9} \sim 10^{-7}$  公尺是因表面帶有相同電荷（如圖 1 所示），相同電荷造成斥力使其不會沉降。

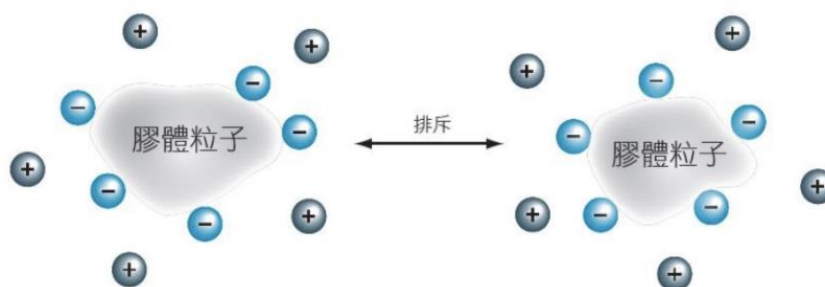


圖 1：膠體粒子因表面帶有相同電荷，相同電荷造成斥力使其不會沉降

製作豆腐過程中加入硫酸鈣，豆漿膠體粒子表面之負電荷被鈣離子所中和電性，導致凝聚而形成豆腐花。

(三) 引導學生探索膠體溶液中最易觀察的現象

1. 廷得耳效應及粒子分散於溶液中而不會沉澱。
2. 引導學生設計實驗來檢驗豆漿的膠體溶液特性，如透過光束照射觀察廷得耳效應。

## 二、教學活動設計

(一) 引起動機

發下各類豆腐食品(如豆乾、豆腐花)與學生分享，詢問學生對於豆腐製成過程和原理的認識，進一步引發他們的興趣。例如，可詢問學生：「你們知道豆腐是怎麼從黃豆變成的嗎？」或者「你們覺得豆腐和豆乾有什麼不同？」簡單介紹豆腐的種類及製作的基本原料，包括黃豆磨成的豆漿，並介紹傳統凝固劑石膏(硫酸鈣、氯化鎂)的作用。說明豆漿在加入石膏後發生的化學反應及產生凝固的過程，並引導學生思考豆漿是否是一般的液體？其內部結構有什麼特別之處？

(二) 實驗活動一：光線散射實驗

### 1. 步驟

分發一杯糖水和一杯豆漿給每組學生，使用雷射筆分別照射糖水和豆漿，讓學生觀察兩者的現象差異。

### 2. 觀察與討論

引導學生描述觀察的現象：糖水的光線似乎直穿而過，而豆漿中的光線則被散射。詢問學生：為什麼會有這樣的差別？

### 3. 概念建構

解釋觀察的現象為廷得耳效應，這是一種膠體溶液特有的光散射現象。讓學生思考，根據這個實驗，豆漿屬於哪種類型的溶液？(答案：膠體溶液)

(三) 實驗活動二：豆漿凝固實驗

### 1. 步驟

- (1) 提供五種溶液(飽和葡萄糖、氯化鈉、硫酸鋁、食醋、硫酸鈣)和 20 mL 熱豆漿給每組學生。
- (2) 讓學生分別將五種溶液加入豆漿中，攪拌均勻，靜置 5 分鐘以進行冷卻，觀察豆漿是否產生凝聚反應，如圖 2 所示。

## 2. 觀察與記錄

學生觀察並記錄每一種溶液加入後的變化，如是否出現凝固現象或結塊情況。



圖 2：從豆漿沉降情形中推測，陽離子價數愈高者，豆漿沉降情形愈明顯

## 3. 討論與概念建構

引導學生比較並討論，哪些溶液導致豆漿凝固為豆腐。引導學生發現只有某些溶液能引起豆漿的凝固，這與溶液中是否含有電解質有關。

## 4. 引入電解質與非電解質概念

進一步解釋，只有電解質溶液（如硫酸鈣）能夠使豆漿中的蛋白質分子凝聚成豆腐花，非電解質（如葡萄糖）則無此作用。

## 5. 總結與反思

透過實驗和討論，學生理解溶液類型、膠體特性以及電解質對豆漿凝固的影響。最後讓學生總結學到的知識，並思考豆腐製作的科學原理如何應用於其他食品製程？（教案設計如附錄）。

### ■ 教學活動前準備與課程分享

2021 年 9 月我第一次擔任「北花蓮全民科學週」種子教師及學生研習營的講師，得知現場必須指導辦理闖關活動的國中及高中共 6 所學校，每個學校派出 1~3 組學生及老師參與研習，加上研習時間只有 1.5 小時，心情有些緊張。幸好高雄市市立新莊高中謝佶霖老師一起協助，活動前我們一起共備，從闖關過程中考量參與的對象年齡層，使用生活用品取代玻璃器

皿、準備水源、配製藥品、解說實驗精簡有效率及如何增加闖關人數...等都經過充分討論。研習活動前 2 週寄出預估的藥品及器材給主辦單位，豆漿的品質很重要，有些市售豆漿無法做出膠體溶液沉澱的預期效果，所以必須先試做才知道哪些市售品牌可使用。

為了融入花蓮在地文化特色，在實驗影片中，我與佶霖老師連結花蓮好山好水與豆腐品質，同時穿戴具有原住民文化的特色服裝，以吸引參與學生的目光。研習過程中簡報儘量用圖示法取代文字講述，並多用問答方式讓學生注意力集中。現場預留近 60 分鐘時間讓學生動手做，讓辦理闖關的學生能更進一步了解可能出現的問題，並當場與講師交流，找出解方。



圖 3：筆者與高雄市立新莊高中謝佶霖老師指導闖關研習過程

## ■ 參與志工活動學生心得

學生確定主題關卡後務必先試做實驗，尤其本實驗的氯化鈉與豆漿並不會產生沉澱，所以設計闖關時必須排除使用氯化鈉，否則闖關者單純從豆漿沉澱與否無法判斷氯化鈉與葡萄糖（或蔗糖）的差異。

闖關現場須確認是否提供電源，因加熱時必須使用卡氏爐。事先試做市售豆漿，確認是否與準備的電解質產生沉澱，若豆漿濃度太稀薄則不利於豆腐成型。

闖關前的材料準備量也很傷腦筋，必須詢問主辦單位可能的參與人數，備料時多估計 15% 用量，以備不時之需。事先想好材料不夠的因應措施。

闖關時可使用「紙板圖說」或「電腦平板」，讓參與者清楚理解實驗流程，減少關主重複解說。尤其國小學生多半第一次接觸實驗，反應熱烈同時實驗危險性也較高，所以實驗安全解說不可少！

## ■ 結語

筆者擔任過化學學科中心全國化學創意闖關活動策劃、遠哲科學營聽視障生研習講師、科技部「戀戀半線」科學志工服務闖關活動總策劃、彰師大「科學開 Fun 日」科學闖關活動指導及花蓮科學週闖關活動講師，對於各種闖關活動有許多心得與感想。每個科學闖關活動必須針對參與對象而調整實驗難易度，同時針對參與年齡層來調整解說方式，更需注意實驗安全，因此闖關前的關主培訓很重要！印象最深刻的是有一次帶領科學志工到某國中辦理偏鄉科學闖關活動，一到現場發現參與的年齡層從 6 歲到 70 歲都有？！原來該國中校長同步邀請學校社區附近的樂齡長輩及幼稚園小朋友。還好我們早到一個多小時，先觀察場地附近水源是否方便取得、關卡動線安排流暢、會講臺語的志工負責對參與闖關的長輩解說，並安排機動組負責帶領長輩闖關。整個闖關活動過程熱鬧非凡，長輩們對於氫氣槍、化學酸鹼彩虹及膨糖情有獨鍾，幼稚園的孩子最喜歡化學海底花園及膨糖。特別需注意：不管哪個年齡層都須掌握闖關活動的難易度，最好關卡一定會成功，因為難度過高的關卡容易造成參與人數排隊甚至乾脆放棄！

此外，長輩多半不喜歡實驗解說過於複雜冗長，有顏色變化（蝶豆花溶液酸鹼變色）或有聲響（氫氣槍）的實驗最受喜愛。國高中生喜歡挑戰，有難易度給獎勵的關卡特別受歡迎。幼稚園的孩子最喜歡有實作「吃」及可以帶回家的「成果作品」闖關活動，此時可以設計分子料理或化學花園等，但是避免使用膨糖（蔗糖加小蘇打）實驗，因為孩子年紀太小容易燙傷！

科學闖關活動不僅啟蒙孩子對於科學的熱情，也能讓年紀大的長輩了解生活中的過往經驗已充斥著科學的本質！但闖關活動場地多半不在實驗室內，導致實驗設計受限且必須特別注意實驗安全。有些闖關活動有經費限制，精緻的實驗設計無法帶進闖關活動比較可惜。期待未來可以有更多科普活動，讓全民都有機會認識科學，了解生活中科學的本質，進一步運用科學解決問題！

## ■ 參考文獻

仿生與環境實驗室 (2024)。全民 FUN 科學—「北花蓮全民科學週」、「科普列車」、「仿生與環境」、「永續發展教育」。「全民 FUN 科學」平台。<https://sites.google.com/view/bernt/%E9%A6%96%E9%A0%81>

劉曉倩、謝佶霖 (2021)。「化」「腐」朽為神奇。「全民 FUN 科學」平台。

<https://sites.google.com/view/bernt/%E6%AD%B7%E5%B9%B4%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%90%84%E5%B9%B4/2021-%E5%B9%B4/%E5%9C%8B%E4%B8%AD%E7%B5%84%E5%8C%96%E8%85%90%E6%9C%BD%E7%82%BA%E7%A5%9E%E5%A5%87>

## ■ 附錄

### 「2021 第七屆花蓮縣全民科學週-北花蓮」 活動教案

教案名稱	「化」「腐」朽為神奇		
領域別	<input type="checkbox"/> 物理	<input checked="" type="checkbox"/> 化學	<input type="checkbox"/> 生物
(科別)	<input type="checkbox"/> 仿生科技	<input type="checkbox"/> 奈米科技	<input type="checkbox"/> 環境教育
	<input type="checkbox"/> 其他：_____ (請自行填入)		
課程大綱	豆腐製作、膠體溶液、電解質		
(關鍵詞)			
學習目標	自-J-A1 能應用電解質與膠體溶液等知識分析豆腐製作的原理。(自然 Jb-IV-2、CJb-Vc-1) 自-J-A2 能運用所習得的電解質知識，提出分辨四杯未知溶液可能的解決方案。(自然 Jb-IV-1、Jb-IV-2、化 CJb-Vc-1)		
教學對象	<input checked="" type="checkbox"/> 國中生 2~3 年級 <input type="checkbox"/> 國小生 年級 <input type="checkbox"/> 其他：_____	教學時間	50 分鐘 1 節課
作者	劉曉倩 (國立彰化高級中學) 謝佶霖 (國立臺東大學附屬體育高級中學)	通訊作者 e-mail	torrina01092002@yahoo.com.tw even8246@gm.ntpehs.ttct.edu.tw
(服務單位)			

#### 壹、活動目標

藉由實作與闖關活動讓學生能了解膠體溶液的性質、電解質的特性與豆腐製備的原理。

大概念	核心問題(探究問題)
膠體溶液 電解質	製作豆腐的過程中，何種物質能使豆漿凝聚沉降形成豆腐？
<b>貳、課程綱要對照</b>	
<p>【自然科學-第四學習階段-學習表現】</p> <p>tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。</p> <p>pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從(所得的)資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。</p> <p>pc-IV-2 能利用口語、影像(例如：攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以報告或新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值、限制和主張等。視需要，並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。</p> <p>ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。</p> <p>ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</p>	
<b>參、活動原理</b>	
<p>1. 溶液的種類可分為真溶液、膠體溶液與懸浮液，其中製作豆腐的原料豆漿即為膠體溶液的一種，膠體溶液能維持粒徑在 <math>10^{-9} \sim 10^{-7}</math> 公尺是因表面帶有相同電荷(如圖 1 所示)，相同電荷造成斥力使其不會沉降。</p> <div data-bbox="470 1541 1189 1814" style="text-align: center;"> </div> <p>(圖 1)</p> <p>2. 製作豆腐的過程中加入硫酸鈣，豆漿膠體粒子表面之負電荷被鈣離子所中和電性，導致凝聚而形成豆腐花。</p>	

**肆、活動材料****器材**

透明寶特瓶 2 個、雷射筆、透明塑膠杯、量筒、電子秤

**藥品**

水、豆漿、葡萄糖 ( 砂糖也可以 )、氯化鈉、硫酸鋁、食醋、硫酸鈣

**伍、活動步驟****第一部分**

1. 發下豆腐食品 ( 如豆乾等 ) 與學生分享，詢問學生對於豆腐製成與原理的了解進而引起動機。

**第二部分**

1. 介紹豆腐的原料黃豆磨成的豆漿添加石膏 ( 硫酸鈣 ) 製成。
2. ( 活動一 ) 取一杯糖水與一杯豆漿，分別以雷射筆照射兩者，引導學生觀察瓶中的現象。
3. 由觀察出之廷得耳效應使學生討論該現象的成因為何。
4. 總結歸納學生之討論，介紹溶液種類可分為真溶液、膠體溶液與懸浮液，並介紹膠體溶液粒徑大小的成因是因表面帶有相同電荷 ( 如圖 1 所示 )，相同電荷造成斥力使其不會沉降。
5. ( 活動二 ) 提供五種溶液 ( 飽和之葡萄糖、氯化鈉、硫酸鋁、食醋、硫酸鈣 ) 與 20 mL 熱豆漿，讓學生分別將五種溶液加入豆漿中，靜置 5 分鐘後冷卻並觀察現象。
6. 藉由觀察後的現象引導學生討論，什麼樣的物質會使豆漿凝聚為豆腐花，進而介紹電解質與非電解質。

**第三部分**

1. 撰寫學習單 ( 紀錄實驗結果、討論與心得 )
2. 回顧本堂課課程內容。

**陸、學習單**

## 一、實驗觀察與紀錄

1. 老師以雷射筆照射手中之豆漿與水瓶後，你看到了什麼現象？

--

2. 請觀察並記錄豆漿加入以下溶液後，分別有什麼樣的現象。

溶液	葡萄糖	氯化鈉	硫酸鋁	醋酸	硫酸鈣
加入豆漿後所觀察到的現象					

## 二、動動腦

( ) 1. 下列有關電解質的敘述何者正確？

- (A) 砂糖、硫酸鈣、硫酸鎂皆為電解質，  
 (B) 電解質溶解於水中後，會釋出電子。  
 (C) 電解質溶解於水中後，解離出帶正電的陽離子與帶負電的陰離子，有助於水溶液的導電性。  
 (D) 所有的化合物都是電解質

( ) 2. 用光線照射膠體溶液後，產生一條明亮光徑的原因為何？

- (A) 因膠體粒子本身會發光。  
 (B) 因膠體溶液能使雷射光折射。  
 (C) 因膠體溶液粒子較真溶液小，能使光線穿透。  
 (D) 因膠體溶液的粒子大小足以使光線散射。

( ) 3. 豆腐製作的過程中，在豆漿中加入石膏(硫酸鈣)溶液會凝聚的原因為何？

- (A) 硫酸鈣包覆豆漿中之蛋白質，使膠體粒子變大。  
 (B) 硫酸鈣溶液中之硫酸根會中和豆漿膠體粒子表面之負電荷。  
 (C) 硫酸鈣溶液中之鈣離子會中和豆漿膠體粒子表面之負電荷。  
 (D) 硫酸鈣會與豆漿中之蛋白質結合使粒子變大。

## 柒、注意事項

**實驗安全事項**

1. 教師操作雷射筆時應注意未照射到學生之眼睛。
2. 本次實驗用之藥品非食用級，提醒學生請勿食用。

**實驗廢棄物處理**

1. 凝聚後之豆腐花丟置於廚餘桶即可。

**教學心得**

本次課程的實驗步驟簡單，透過學生分組操作與討論能使學生增進彼此間實作與表達的能力，更在過程中能使學生了解生活中常食用的豆腐之製作過程與原理。

**捌、參考資料**

劉曉倩(2015)。結合微電影於製作豆腐和植物染實驗中—創意影片拍攝心得分享，關公賣豆腐。臺灣化學教育，11。 <https://chemed.chemistry.org.tw/?p=13956>

**闖關活動(十分鐘)**

教學活動	教學時間
<p><b>壹、準備活動</b></p> <p>★<u>教師準備</u>：</p> <p>一、闖關地點預先放置長桌子與關卡說明板。</p> <p>二、準備材料：透明塑膠杯、白砂糖、硫酸鋁、食醋、硫酸鈣、電池燈泡組、豆漿、竹筷、水。</p> <p>★<u>學生準備</u>：</p> <p>一、預先分組。每組五至六人</p> <p><b>貳、闖關之前</b></p> <p>一、闖關負責關主及學生就位。約需兩人，關主負責解說指導，副關主負責指導與通過與不通過判定。</p> <p>二、預先集合參加同學，以小組隊伍排列。</p> <p>三、說明關卡配置與發下小組闖關卡。</p> <p>四、安全宣導，請小朋友注意安全，不可以在場地內奔跑。</p> <p>五、請學生注意禮貌，進入關關卡和離開關卡都要跟關主問好。</p>	

**參、進入關卡**

一、關主利用說明板(一)複習電解質觀念與豆腐製作原理。

1. 電解質物質，溶於水會導電。

二、關主利用說明板(二)說明「小小名偵探」關卡規則以及注意事項。

1. 桌面上會有四杯相同弄度之未知溶液(白砂糖、硫酸鈣、硫酸鋁、食用醋)，紙杯、豆漿、水、電池組、竹筷。同學們要利用桌面上材料，想辦法分辨出四杯未知溶液。

三、學生實作。關主要適時掌握時間和隨時給予指導、提醒。

四、實作完成後，向關主回報答案，並說明為什麼，以及觀察到的現象。

1. 白砂糖水溶液通電後不會亮，為非電解質，豆漿不會沉澱。
2. 醋酸水溶液有刺鼻味，且燈泡會亮為電解質，豆漿會沉澱。
3. 硫酸鈣水溶液，燈泡會亮為電解質，豆漿會沉澱。
4. 硫酸鋁水溶液，燈泡會亮為電解質，豆漿會沉澱。(沉澱效果較好)

(有三杯會導致豆漿沉澱，但醋酸可用氣味判斷，剩下硫酸鈣跟硫酸鋁，所以要引導學生思考哪一杯沉澱效果比較好?為什麼?)

五、當學生都答對答案後，利用活動推敲出三個重點：

1. 所以豆漿膠體粒子是帶什麼電性?
2. 加入的陽離子帶電量越大，沉澱效果越好。
3. 加入電解質後會沉澱的原因是什麼?

六、關主在闖關卡上簽名或蓋通過章。

**肆、闖關結束**

一、收回闖關集點卡。

二、請小朋友說明參加闖關的心得感想與各關卡的相關科學原理。

三、鼓勵學生探索更多生活中的化學知識。

**預算表**

每人次(或每組)的材料及預算

項目	材料 / 數量	金額 (元)
1	透明塑膠杯/16 個	15
2	葡萄糖	150(可供整個活動使用)
3	硫酸鈣	250(可供整個活動使用)

4	硫酸鋁	160(可供整個活動使用)
5	白砂糖	20(可供整個活動使用)
6	食用醋	自備
7	水/200 mL	15
8	豆漿/200 mL	30
9	電池燈泡組/1 組	5
10	竹筷/4 隻	5
11	雷射筆	自備
12	量筒	自備
13	透明寶特瓶	自備
	總計 /每組(預估有 20 組)	98/每組