

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080207

愛玉愛在結凍時~揭開愛玉神秘面紗

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小六 謝宜庭 小五 黃皓珉 小四 朱竣暉	指導老師： 謝祥宏 湯千慧
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：愛玉子、凝膠、透光度

摘要

本研究源於暑假製作的愛玉沒有結成像果凍，因此，進行影響愛玉結凍的研究。結果如下：

- 一、愛玉的種子夾雜一些碎屑，碎屑可以結成愛玉凍。
- 二、奮起湖愛玉種子，產生的膠質面積最大，野生的愛玉種子，產生的膠質面積最小。
- 三、熱水讓愛玉凝膠物質產生快，因而熱水結凍較快，冷水較慢。
- 四、逆滲透水可以讓愛玉子結成凍，推測愛玉碎屑具有離子。
- 五、攪拌太快或太久，愛玉中的抑制物質產生，導致無法結凍。
- 六、真假愛玉分辨：碘液試驗法，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色，真愛玉黃褐色；透光度法，假愛玉透光度較大，真愛玉透光度較小；軟硬度法，假愛玉較硬，真愛玉較軟；加熱法，假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

壹、研究動機

本研究源自於暑假參加夏日樂學活動時，老師教我們如何製作愛玉。結果有些同學製作的不理想，愛玉沒有像果凍，而是黏黏的液體。因此引發我們的好奇心，就進行一系列有關愛玉的研究。研究方向思考圖，如下：

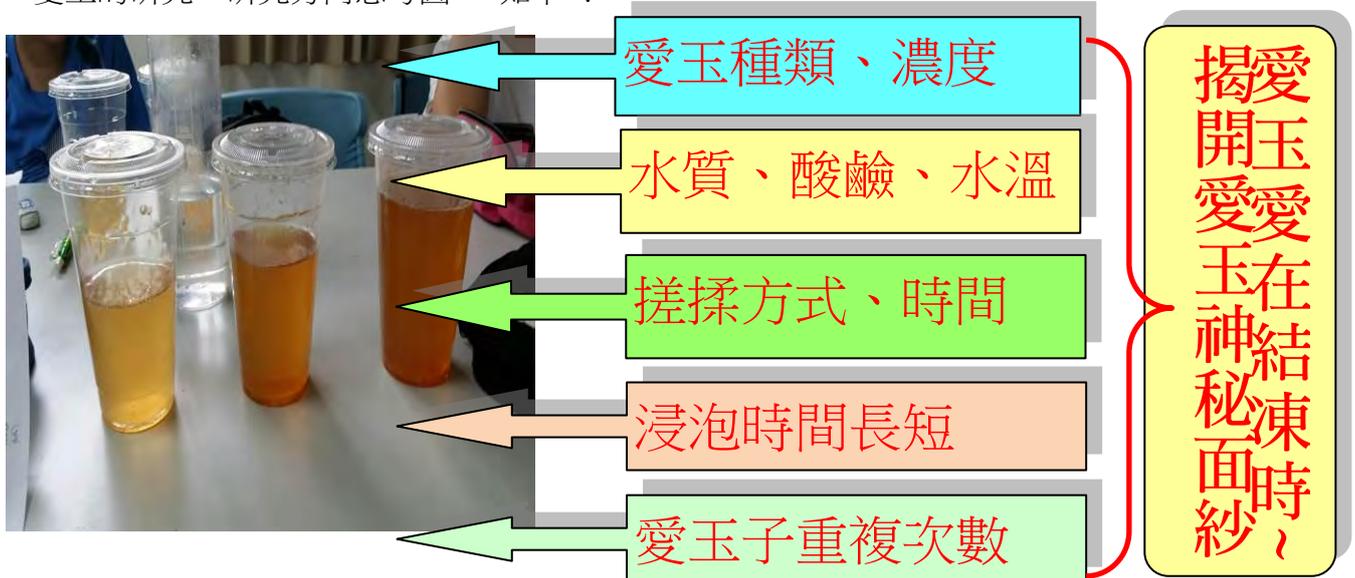


圖 1:研究方向思考圖

貳、研究目的及研究問題

我們針對影響愛玉結凍因素，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

目的一、探討不同愛玉種子凝膠差異。

- 研究 1-1 愛玉種子純度是否不同？
- 研究 1-2 愛玉種子碎屑，是否具凝膠作用？
- 研究 1-3 市售的愛玉種子，哪一種產生的凝膠較多？
- 研究 1-4 冷水熱水對愛玉種子，對凝膠產生影響？
- 研究 1-5 愛玉種子泡水後，酸鹼度變化。
- 研究 1-6 不同種類愛玉出水量比較。

目的二、水質對愛玉結凍影響。

- 研究 2-1 不同水質，對愛玉結凍影響？
- 研究 2-2 不同水質，對愛玉軟硬度影響？
- 研究 2-3 不同酸鹼水溶液，對愛玉結凍影響？

目的三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

研究 3-1 不同攪拌速度，對愛玉結凍影響？

研究 3-2 不同攪拌時間，對愛玉結凍影響？

目的四、偵探追追追～真假愛玉特性大解碼。

研究 4-1 利用透光度法，比較真假愛玉差異。

研究 4-2 利用軟硬度法，比較真假愛玉差異。

研究 4-3 利用碘液測定法，比較真假愛玉差異。

研究 4-4 利用加熱法，比較真假愛玉差異。

參、研究架構

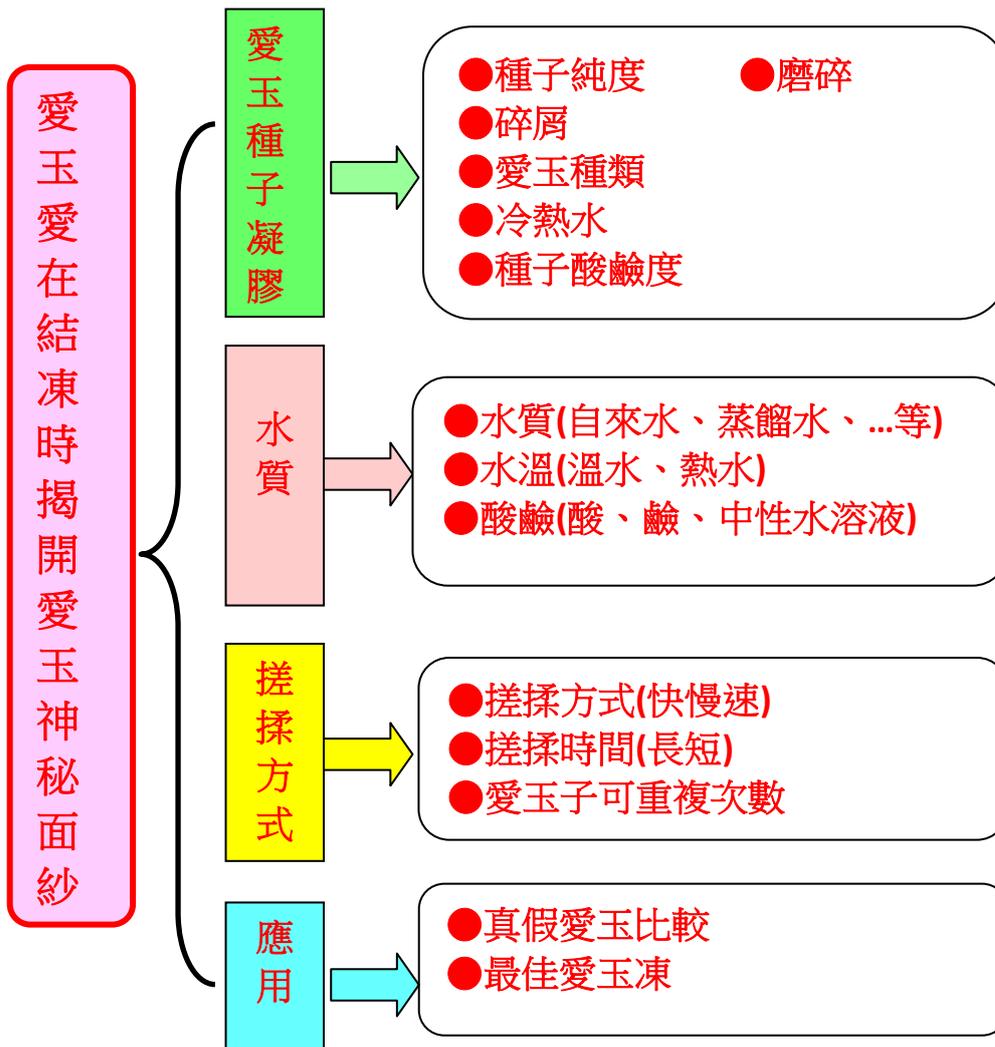


圖 2：研究架構

肆、文獻探討

一、愛玉結凍原理

愛玉子是台灣特有的植物，它是屬於桑科長綠藤本植物，是一種隱花果，成熟的果實內黃色的瘦果，曬乾就是所謂的「愛玉子」。愛玉子在水中搓柔後可形成的愛玉凍，是因為愛玉子經搓洗的過程將大量果膠及膠酵素溶在水中可形成果凍狀。

傅麗玉、楊水平（2015）愛玉凍的形成是愛玉子的果膠（pectin）分子與硬水中的兩價金屬子反應，形成凝膠。攪拌時果膠會溶出，並開始和硬水中的金屬離子鍵結；愛玉子的數量必須足以讓溶液中的果膠量和多重價數的離子產生鍵結。如果用果汁機攪拌愛玉子，因為高速攪拌的結果，讓愛玉子內部抑制凝固的果膠酯酶抑制劑物質流出，以致無法製作出愛玉凍。

上述有關果汁機攪拌太劇烈，而無法生成凝膠。與本研究實際試做不符，值得更進一步深入研究。

二、真假愛玉的真相研究

根據新聞報導(2018/09/17 三立新聞) 市面上有9成都是假貨嗎？真正的愛玉，得在水中不斷搓洗愛玉籽，讓它溶出果膠凝結成凍，製作耗工費時，做出一碗愛玉至少要70分鐘，價格越來越貴。所以不少業者，直接買「愛玉膠」泡製，或是用寒天粉添加「焦糖色素」製作，不用10分鐘做出一杯，做成1公斤成本只要5塊錢。

而愛玉膠的成分主要以化學原料為主，成分海藻抽出物、葡萄糖、乳酸鈣、檸檬酸鈉、蔗糖、檸檬酸鉀、鹿角菜、膠朲粉、氯化鉀，一堆又一堆澱粉加化學合成。熱量平均六十卡，和純天然愛玉，熱量僅2卡，差了30倍。

根據報導，市售愛玉50%-90%是假的。至於如何分辨真假愛玉？根據所蒐集資料，假的愛玉加了膠粉不管你怎麼拍打就是不動如山，反觀真的愛玉，趴立刻碎，趴一下立刻碎裂，不僅可用拍打辨真假，真的愛玉用手壓碎，水份被擠出來，看起來稠稠的，而假愛玉碎掉後塊狀分明。真的顏色深、混濁、口感軟Q，假的顏色淺、透明、口感爽脆。或用噴槍燒愛玉凍，愛玉都沒有溶化出水份，假的邊邊角角已經溶掉了。外觀也能辨識假貨，天然愛玉充滿雜質，細看有一點一點的花被，而透明又Q彈的愛玉就是假的。

真假愛玉的分辨，是否真如報導所說，用顏色、出水情形、軟硬度，值得本研究深入研究，發展出有效分辨真假愛玉的方法。

三、相關之研究

根據第29、45、50、54、55屆全國科展有關愛玉研究，發現這些研究主要針對影響愛玉結凍因素：1.搓洗愛玉的濃度，2.搓洗愛玉的溫度，3.放置愛玉凍的溫度，4.搓洗愛玉方式（手工與果汁機）。5.搓洗的袋子，6.愛玉凍的軟硬度等進行研究。這些研究提供了有關影響愛玉結凍的變因，本研究則針對愛玉種子、種子碎屑、酸鹼度、搓洗愛玉時間與搓洗力道、真假愛玉分辨方法，自製「透光度檢測器」測量愛玉是否結凍、自製軟硬度檢測器測愛玉軟硬度、…等進行研究。

伍、研究設備及器材

一、實驗器材：

（一）器材：

塑膠杯(10個)	蒸餾水(10瓶)	多喝水(2瓶)	藥材袋(10包)
小試管(20個)	量筒(10個)	逆滲透(2瓶)	糖(1包)
塑膠滴管(10個)	豆漿袋(3個)	DEEP水(2瓶)	鹽(1包)
碘液(1瓶)	醋(1瓶)	檸檬(3顆)	小蘇打(1包)
壓汁器(1台)	電池(3顆)	遮光布(1塊)	

(二) 各種愛玉子材料：

<p>愛玉(天花湖) (1 包)</p>	<p>愛玉(奮起湖) (1 包)</p>	<p>愛玉(新社) (1 包)</p>
<p>愛玉(新社) (1 包)</p>	<p>野生愛玉 (1 包)</p>	<p>愛玉膠/食品原料</p>

(三) 儀器：

<p>電動磨碎器(1 台)</p>	<p>電子天秤(1 台)</p>	<p>酸鹼檢測器</p>
<p>電動攪拌器(果汁機)(1 台)</p>	<p>碼表</p>	

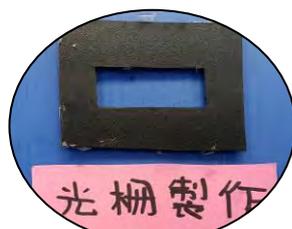
二、自製實驗裝置

(一) 自製液體透光度檢測器

1. 準備檢測器 LED 光源、光柵、照度計



LED 光源



製作光柵



照度計

2. 組裝透光度檢測器

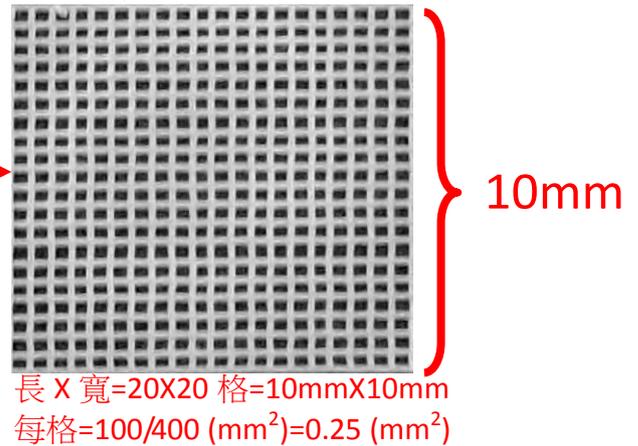


(二) 自製測量凝膠量觀測器

1. 將愛玉子放載玻片



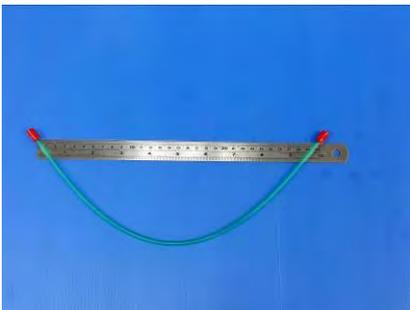
2. 觀測物大小計算



(三) 自製愛玉硬度檢測器

為了測試愛玉軟、硬度，利用智高積木組裝軟硬印度測試平台，並利用棉線、釣魚線將塑膠管彎弓放置愛玉上，並於下方加砝碼測試軟硬度。

1. 軟硬測試彎弓(玄長 30 公分)



2. 愛玉放置台



3. 愛玉硬度檢測器



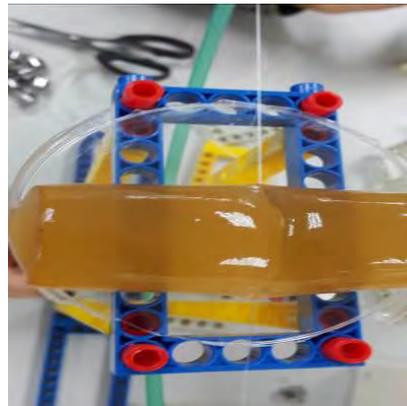
4. 利用智高積木組裝



5. 棉線測試



6. 釣魚線測試



陸、研究過程及結果

目的一、愛玉種子凝膠研究

研究 1-1：愛玉種子純度研究

【研究構想】：我們買到的愛玉子，看起來除了愛玉種子外，還有一些碎屑。我們想知道純的愛玉種子有多少？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1.利用篩網分別將「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」的碎屑過濾。



圖 3：篩選種子碎屑



圖 4：愛玉種子碎屑與純種子比較

2.利用電子秤出愛玉種子、碎屑的重量。

3.計算愛玉種子、碎屑的百分比。

4.利用表格記錄結果，並畫成統計圖。

【研究發現】：

1.奮起湖愛玉的種子純度為 88%最純，野生愛玉種子純度為 83%最不純。

2.結果如表 1、圖 5。

表 1：不同種類愛玉種子純度比較表

種類/種子純度	純種子	種子碎屑	種子純度%
天花湖愛玉種子	22.5	4.77	83%
奮起湖愛玉種子	40.47	5.26	88%
野生愛玉種子	24.13	4.91	83%

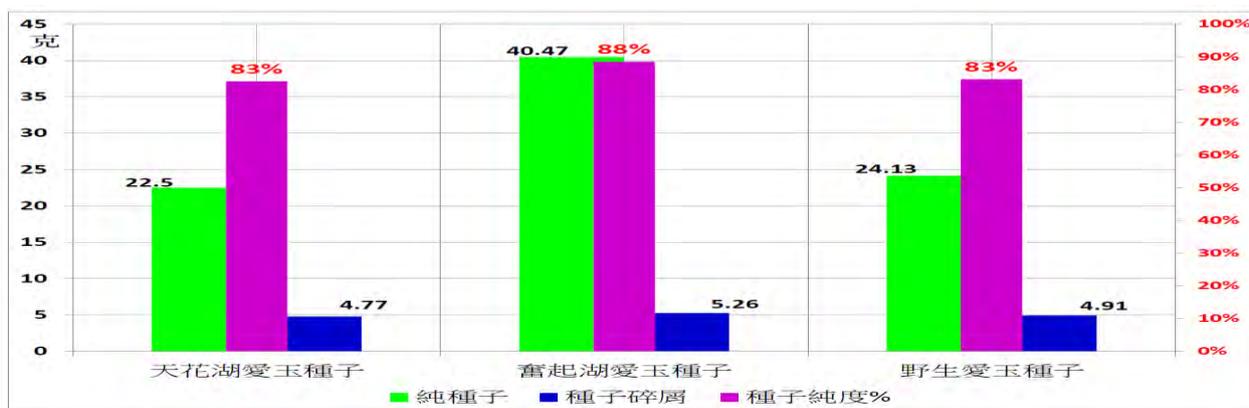


圖 5：不同種類愛玉種子純度比較圖

【實驗結果與討論】

從實驗發現整包的愛玉種子，並非全是種子，還夾雜了一些碎屑，因此，三種愛玉種子純度不一，是否會影響愛玉結凍？而這些碎屑，是否也會結凍？這些都有待更進一步研究。

研究 1-2 愛玉種子碎屑，是否具凝膠作用？

【研究構想】：從研究 1-1 發現愛玉種子不純，帶有一些碎屑。我們很好奇，這些碎屑是否會結成凍？因此，進行「愛玉碎屑」的實驗。

【實驗步驟】：

1. 秤取「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」碎屑各 4 公克。
2. 用量筒量取 200mL 的自來水。
3. 將 200mL 的自來水、天花湖愛玉種子碎屑倒入果汁機中，將轉速調到第一級，攪拌 1 分鐘。
4. 將攪拌後的碎屑液體，倒入過濾袋，將液體擠出。
5. 將過濾後液體，倒入 5 個小試管。
6. 將小試管放入透光度檢測儀，測出透光度並記錄。
7. 改用「奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」碎屑，重複步驟 3.~6.
8. 將結凍後的愛玉，用電子秤分別秤出愛玉凍及出水的重量。
9. 將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 三種愛玉種子的碎屑，都可以結成凍。
2. 野生愛玉透光度最大，而且愛玉凍沒有產生水。
3. 天花湖愛玉種子碎屑，出水量最大。
4. 結果如表 2-3、圖 6-13。

【實驗結果與討論】

從實驗發現愛玉種子中所夾雜的碎屑，可以結成凍，這是讓我們感到最驚訝的！根據資料，愛玉種子碎屑為愛玉子果柄、或花托，這些構造可能具有凝膠物質，有待更進一步研究。此外，野生的愛玉碎屑，結成凍後，不會產生水。

表 2：愛玉種子碎屑對透光度影響比較表

種類/透光度(Lux)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
天花湖愛玉種子碎屑	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
奮起湖愛玉種子碎屑	3.40	3.80	3.80	3.60	3.40	3.80
阿里山野生愛玉種子碎屑	3.60	3.20	3.60	3.80	4.00	3.60

表 3：愛玉碎屑對愛玉結凍比較

種類/凝膠/	水量(g)	愛玉凍(g)	出水度%
天花湖愛玉種子碎屑	52.68	27.01	66%
奮起湖愛玉種子碎屑	2.46	80.58	3%
阿里山野生愛玉種子碎屑	0	78.24	0%

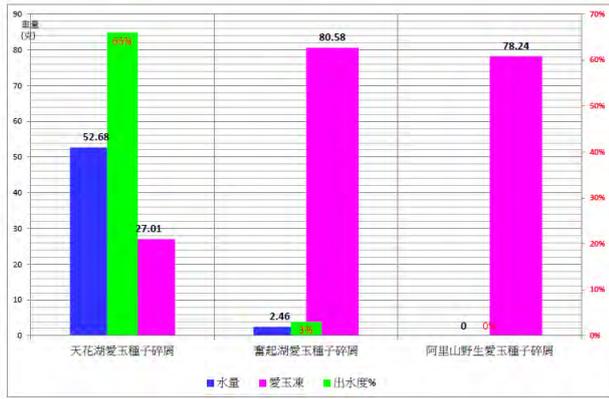


圖 6：愛玉碎屑對愛玉結凍比較



圖 7：愛玉碎屑對愛玉透光度比較

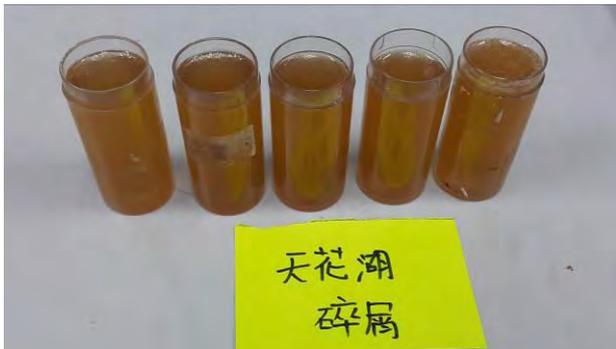


圖 8：天花湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 9：奮起湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 10：野生愛玉種子碎屑結凍情形



圖 11：奮起湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 12：野生愛玉種子碎屑結凍情形



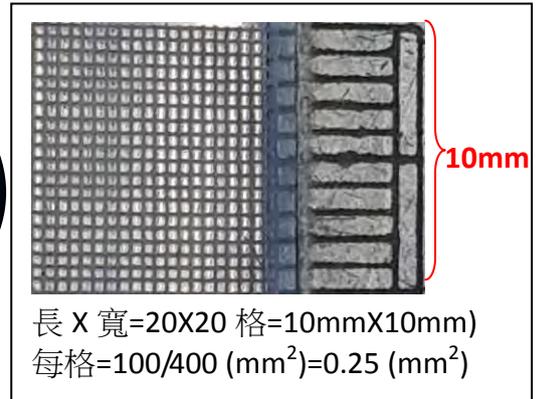
圖 13：天花湖愛玉種子碎屑結凍情形

研究 1-3：市售的愛玉種子，哪一種產生的凝膠較多？

【研究構想】： 我們為了想深入了解愛玉種子加水後，產生的凝膠量。我們仔細觀察愛玉種子加水後產生凝膠的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備三種愛玉子：天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子。
- 2.先取五顆天花湖愛玉種子，將其中一顆放入載玻片加 1mL 自來水。
- 3.將載玻片放置手機顯微，每隔 1 分鐘觀察凝膠產生的面積(格)，直到 10 分鐘後，每隔 10 分鐘觀察，直到 30 分鐘。



- 4.改用第 2~5 顆種子，重複步驟 2.~步驟 3.。
- 5.改用奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子，重複步驟 2.~步驟 4.。
- 6.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.三種愛玉種子加水產生的凝膠面積，隨著時間變長漸漸增加。
- 2.奮起湖愛玉種子產生的凝膠面積最大，野生愛玉種子產生的凝膠面積最小。
- 3.結果如表 4、圖 14。

表 4：不同種類愛玉種子凝膠比較表(單位：格,1 格=0.25 mm²)

種類/凝膠面積(格)	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘	7 分鐘	8 分鐘	9 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
天花湖愛玉種子	0.76	1.22	1.64	2.48	3.15	3.79	4.49	5.28	5.46	6.11	7.28	8.40
奮起湖愛玉種子	0.70	1.20	2.36	2.96	3.88	4.26	5.06	5.50	5.95	6.30	7.25	9.15
阿里山野生愛玉種子	0.70	1.50	1.95	2.50	3.10	3.65	4.05	4.30	5.05	5.80	7.25	7.95

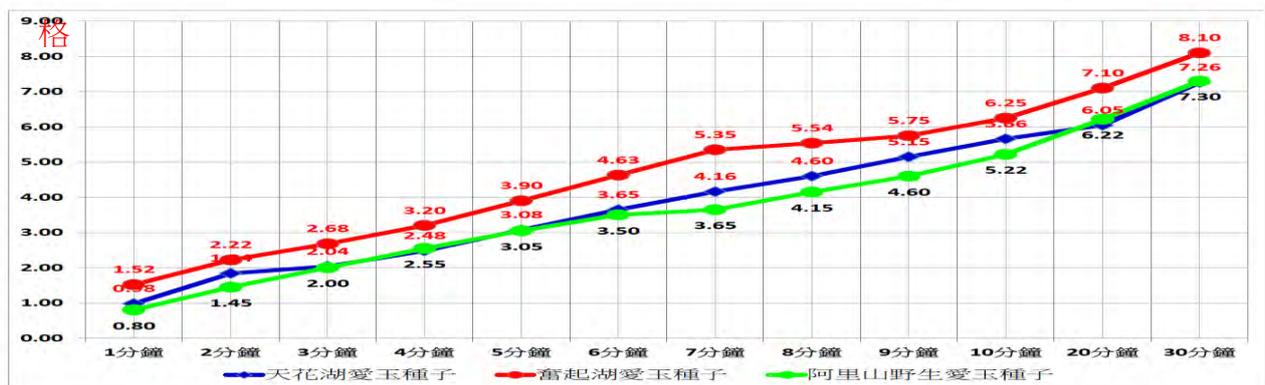


圖 14：不同種類愛玉種子凝膠比較圖

【實驗結果與討論】

從實驗發現愛玉種子加水後，會產生凝膠現象，而且，隨著時間變長漸漸增加。我們心想如果改用熱水，會產生凝膠會不會更多？我們進行以下實驗。

研究 1-4 冷水熱水對愛玉種子，產生凝膠影響？

【研究構想】：我們想了解愛玉種子加水後，產生的凝膠量。

【實驗步驟】：

- 1.與研究1-3步驟1.~步驟5.相同。
- 2.將步驟2.改用熱水，重複步驟1.。
- 3.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子加熱水後，從第 4 分鐘後所產生凝膠面積比冷水多。
- 2.野生愛玉種子加熱水後，從第 8 分鐘後所產生凝膠面積比冷水多。
- 3.結果如表 5-6、圖 15。

表 5：熱水對不同種類愛玉種子凝膠比較表(單位：格,1 格=0.25 mm²)

種類/凝膠面積(格)	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘	7 分鐘	8 分鐘	9 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
天花湖愛玉種子	0.76	1.22	1.64	2.48	3.15	3.79	4.49	5.28	5.46	6.11	7.28	8.40
奮起湖愛玉種子	0.70	1.20	2.36	2.96	3.88	4.26	5.06	5.50	5.95	6.30	7.25	9.15
阿里山野生愛玉種子	0.70	1.50	1.95	2.50	3.10	3.65	4.05	4.30	5.05	5.80	7.25	7.95

表 6：冷水與熱水對不同種類愛玉種子凝膠差異比較表(單位：格,1 格=0.25 mm²)

種類/凝膠面積(格)	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘	4 分鐘	5 分鐘	6 分鐘	7 分鐘	8 分鐘	9 分鐘	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
天花湖愛玉種子	-0.22	-0.62	-0.40	0.00	0.07	0.14	0.33	0.68	0.31	0.45	1.23	1.14
奮起湖愛玉種子	-0.82	-1.02	-0.32	-0.24	-0.02	-0.37	-0.29	-0.04	0.20	0.05	0.15	1.05
阿里山野生愛玉種子	-0.10	0.05	-0.05	-0.05	0.05	0.15	0.40	0.15	0.45	0.58	1.03	0.65

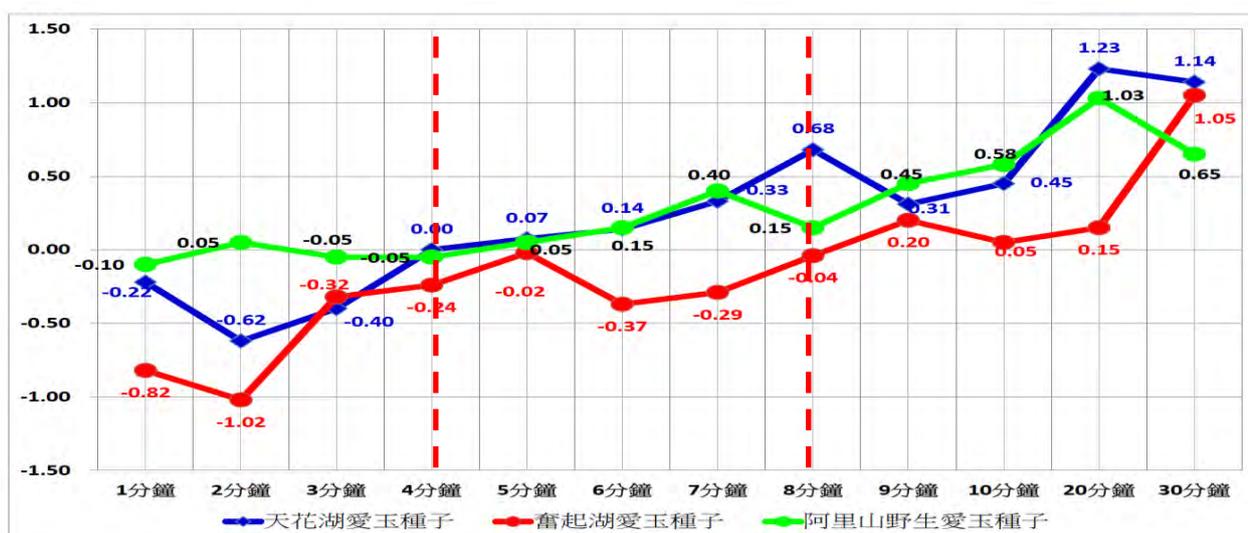


圖 15：冷水與熱水對不同種類愛玉種子凝膠差異比較圖

【實驗結果與討論】

從實驗發現愛玉種子加熱水後，產生的凝膠面積較大。或許要讓愛玉產生凝膠，利用熱水來搓洗，會是一個可行的方法。有待進一步實驗。

研究 1-5：愛玉種子泡水後，酸鹼度變化。

【研究構想】：根據找到資料，愛玉結凍會受到水的酸鹼影響，我們心想愛玉種子加水後，它的酸鹼是怎樣？而這個愛玉種子原來的酸鹼性，是否對於產生凝膠有影響？我們進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.利用電子秤秤取「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」各 1 公克。
- 2.用量筒量取 100mL 的自來水，共 3 杯。
- 3.將步驟 1.秤取的三種愛玉種子，分別倒入 100mL 的自來水。

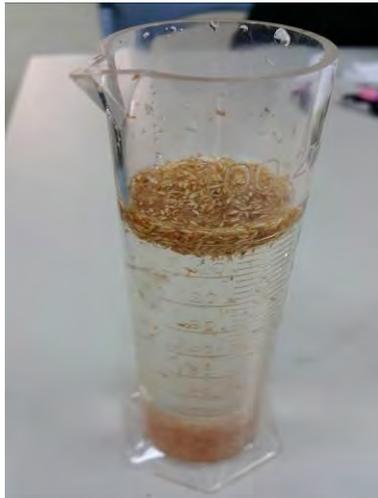


圖 16：秤取 1 克愛玉種子

圖 17：倒入量筒浸泡

圖 18：測水溶液酸鹼(對照組)

- 4.利用酸鹼度檢測器，每隔 10 鐘測量酸鹼變化。
- 5.將結果畫成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.野生的愛玉種子浸泡液，酸性最強；天花湖的種子浸泡液，酸性最弱。
- 2.三種愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。
- 3.結果如表 7、圖 19。

【實驗結果與討論】

從實驗發現愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。愛玉種子浸泡的液的酸性強弱，是否會影響結凍快慢，有待進更一步實驗。

表 7：不同種類愛玉種子泡水酸鹼度差異比較表

種類/酸鹼(pH)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
天花湖愛玉種子	6.30	6.20	6.16	6.02	5.94	5.60
奮起湖愛玉種子	6.14	6.06	5.86	6.00	5.74	5.64
阿里山野生愛玉種子	5.98	5.90	5.82	5.92	5.78	5.60

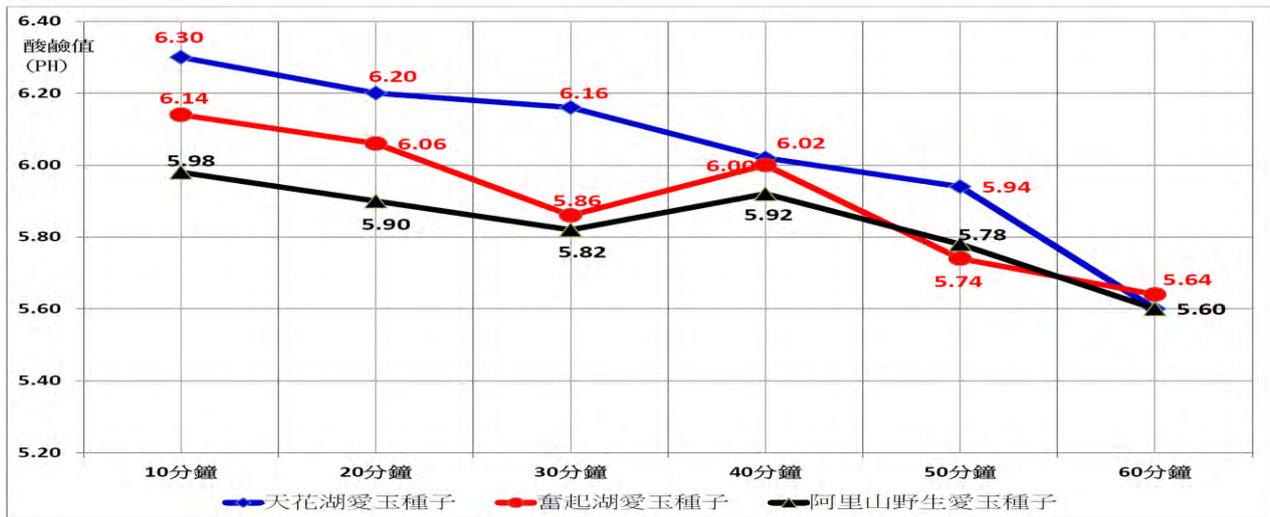


圖 19：不同種類愛玉種子泡水後酸鹼度差異比較圖

研究 1-6、不同種類愛玉出水量比較。

【研究構想】：根據找到的資料，「真愛玉會出水，假愛玉則不會」，我們想確定是否真是這樣？就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 利用電子秤秤取「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」各4公克。
2. 取 200mL 自來水、逆滲透、DEEP 水，各加入 4 公克天花湖愛玉子，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
3. 將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
4. 將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。
5. 改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
6. 將結凍的愛玉凍，利用電子秤分別秤出愛玉凍及水的重量。
7. 計算愛玉凍所佔百分比。

【研究發現】：

1. 野生愛玉子利用自來水搓洗，結成凍過程不產生水，100%為愛玉凍。
2. 天花湖愛玉子利用逆滲透水、DEEP 水搓洗，結成凍過程不產生水，100%為愛玉凍。
3. 結果如表 8、圖 20。

表 8：不同種類愛玉結凍量比較

項目/愛玉凍%	自來水%	逆滲透%	DEEP 水%
天花湖愛玉	34%	100%	100%
奮起湖愛玉	97%	71%	65%
阿里山野生愛玉	100%	67%	78%



圖 20：不同種類愛玉種子出水量比較圖

【實驗結果與討論】

從實驗發現愛玉種子製作成凍的過程，隨著使用的水不同，有的會產生水，有的卻不會，有待進一步研究「水質與出水關係」。至於，找到的資料，真假愛玉分辨方法就是「真愛玉會出水，假愛玉則不會」，經由本實驗發現真的愛玉，有的會產生水，有的卻不會（野生愛玉子）。因此，無法以愛玉是否會出水來判斷假愛玉真假！！

目的二、水質對愛玉結凍影響。

研究 2-1 不同水質，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們想了解不同水質對愛玉種子結凍的影響，因此，進行「不同水質」對愛玉結凍影響實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備不同水質：購買市售的自來水、多喝水、逆滲透、DEEP。
- 2.準備愛玉子：利用電子天平取天花湖愛玉子、奮起湖愛玉子及野生愛玉子各 4 公克。
- 3.取 200mL 自來水，加入 4 公克天花湖愛玉子，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
- 4.將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
- 5.將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。
- 6.改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
- 7.改用多喝水、逆滲透、DEEP 水。
- 8.將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.用逆滲透水製作愛玉：所有愛玉種子都結凍，野生愛玉產生較多泡沫，較好擠出愛玉果膠。天花湖愛玉子 14 分鐘就結凍，奮起湖愛玉種子 20 分鐘就結凍，而野生愛玉種子則要 1 小時 15 分鐘。
- 2.沖繩深海微礦水(DEEP)水：所有愛玉種子都結凍，12 分鐘奮起湖愛玉種子就結凍。
- 3.四種水自製愛玉都可以結成凍，結凍率以多喝水、DEEP 水較高，結果如表 9-11、圖 21-22。

表 9：不同種類水質對愛玉透光度及結凍影響

種類/透光度(Lux)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘	總重	過濾	結凍量	結凍率
奮起湖-自來水	7.00	6.00	6.00	6.00	5.80	5.60	19.99	0.16	19.85	99%
奮起湖-多喝水	6.60	5.80	6.00	6.00	6.00	5.60	19.45	0.00	19.45	100%
奮起湖-逆滲透	6.20	6.00	6.00	5.20	5.00	5.00	18.67	1.18	17.49	94%
奮起湖-DEEP	5.80	5.00	5.00	5.00	5.20	5.60	18.12	0.30	17.82	98%
天花湖-自來水	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	20.36	0.42	19.94	98%
天花湖-多喝水	5.92	5.36	5.40	5.24	5.20	5.16	19.32	0.41	18.91	98%
天花湖-逆滲透	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.20	19.22	0.00	19.22	100%
天花湖-DEEP	4.00	4.80	4.80	4.00	4.00	4.00	18.63	0.00	18.63	100%
野生-自來水	5.00	5.00	5.60	5.60	5.60	5.40	19.67	0.91	18.76	95%
野生-多喝水	6.40	6.00	5.80	6.00	6.00	6.00	19.76	0.00	19.76	100%
野生-逆滲透	5.20	5.20	4.40	5.00	5.00	5.00	19.67	0.91	18.76	95%
野生-DEEP	4.60	4.80	4.40	4.00	4.20	4.40	19.49	0.00	19.49	100%

表 10：不同種類水質對愛玉結凍率比較

種類/結凍率%	奮起湖愛玉	天花湖愛玉	野生愛玉
自來水	99%	98%	95%
多喝水	100%	98%	100%
逆滲透	94%	100%	95%
DEEP	98%	100%	100%



圖 21：不同水質對愛玉結凍率比較

表 11：不同種類水質對愛玉透光度比較表

種類/透光度(Lux)	奮起湖愛玉	天花湖愛玉	野生愛玉
自來水	5.60	4.00	5.40
多喝水	5.60	4.80	6.00
逆滲透	5.00	4.20	5.00
DEEP	5.60	4.00	4.40

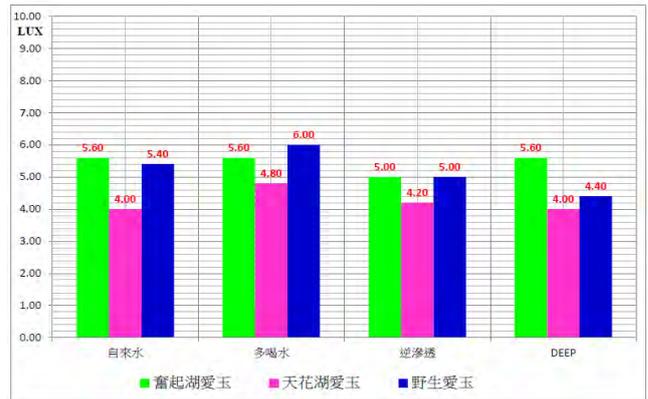
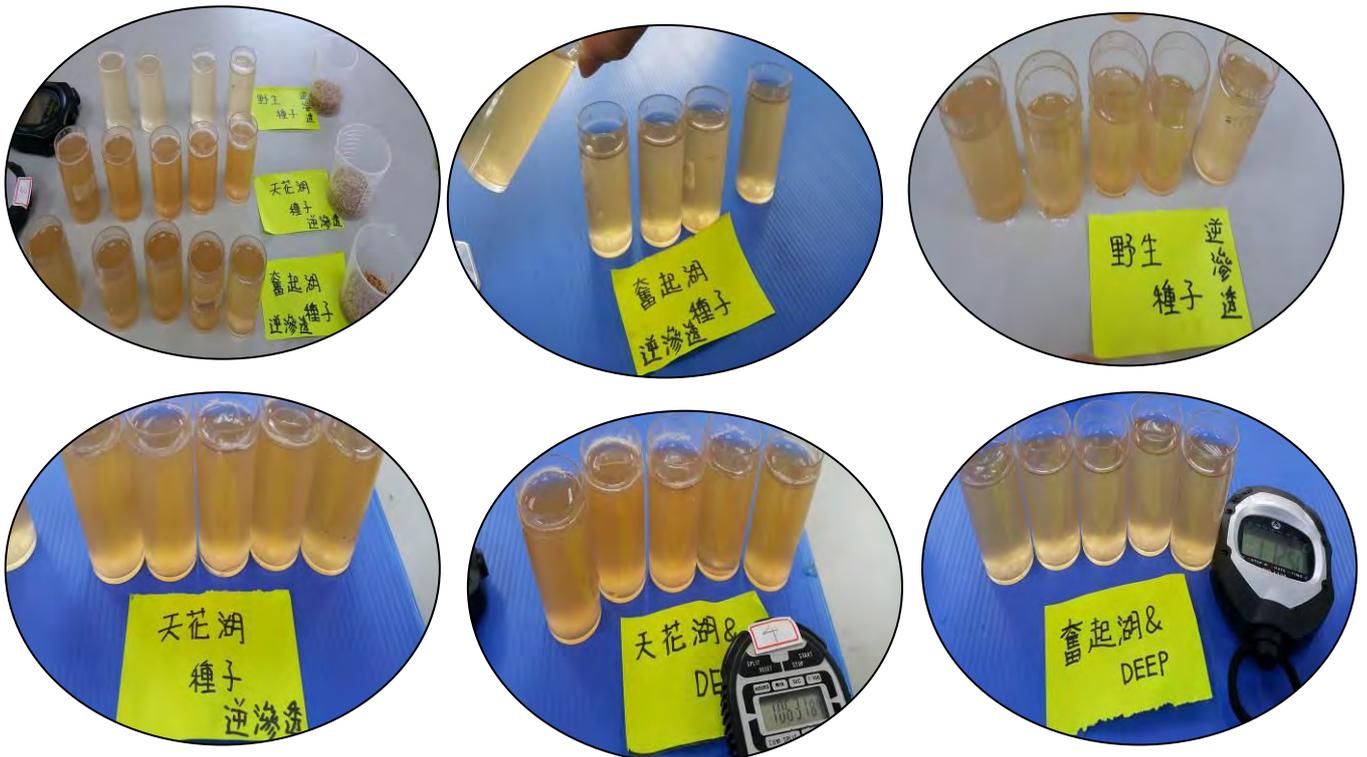


圖 22：不同水質對愛玉透光度比較



【實驗結果與討論】

從實驗發現四種水都可以製成愛玉凍，與報導中逆滲透水無法結成凍不同，有待進一步研究。不同種類愛玉子，以天花湖愛玉子最快結凍，而野生愛玉種子最慢，推測與愛玉種子純度有關。

研究 2-1 -1~逆滲透水是否能讓愛玉結凍的真相

【研究構想】：我們想深入了解逆滲透水對愛玉種子結凍的影響，因此，進行到學校隔壁的農業改良場取了最乾淨的水「逆滲透水」、「去離子水」進行實驗實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備不同水質：「逆滲透水」、「去離子水」。
- 2.其餘步驟與研究 2-1 步驟 2.-6.相同。
- 3.將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.用農改場逆滲透水搓洗愛玉，都會結凍。奮起湖愛玉子，8 分鐘結凍；天花湖愛玉子，超過 2 小時結凍；阿里山野生愛玉子，2 小時 8 分鐘結凍。
- 2.用農改場去離子水搓洗愛玉，都會結凍。奮起湖愛玉子，16 分鐘結凍；天花湖愛玉子，超過 2 小時結凍；阿里山野生愛玉子，2 小時 8 分鐘結凍。
- 3.結果如表 12-13、圖 23-24。

【實驗結果與討論】：

從實驗結果發現，「逆滲透水」、「去離子水」都可以結凍，與目前蒐集到的研究結果明顯不同。為了證明我們所實驗結果正確，商請農改場也用我們的三種種子試驗，結果與我們實驗結果相符（附錄）。因此，**逆滲透水確實可以讓愛玉子結凍，甚至更純的去離子水也可以結凍。**此時我們心中湧起問號？影響結凍的因素是什麼？是不是受到研究 1-2 愛玉種子的碎屑影響？**因為從文獻蒐集發現愛玉要結凍必須有離子。如果碎屑含有離子，即使用最純沒有離子的水，只要種子含有碎屑，一定可以讓愛玉結凍。於是我們就像偵探一樣繼續研究下去。**

表 12：「逆滲透水」、「去離子水」對愛玉透光度比較表

種類/透光度/時間		10 分鐘 (Lux)	20 分鐘 (Lux)	30 分鐘 (Lux)	40 分鐘 (Lux)	50 分鐘 (Lux)	60 分鐘 (Lux)
逆滲透水 (農改場)	奮起湖愛玉子	3.20	3.00	3.80	3.40	3.00	3.20
	天花湖愛玉子	2.80	2.80	3.00	3.20	3.00	3.00
	阿里山野生愛玉	3.60	3.20	3.40	3.00	3.40	3.20
去離子水 (農改場)	奮起湖愛玉子	3.80	4.00	4.00	4.00	3.80	3.80
	天花湖愛玉子	3.60	3.80	3.20	3.00	3.00	3.00
	阿里山野生愛玉	3.80	4.20	4.00	4.00	4.00	3.80

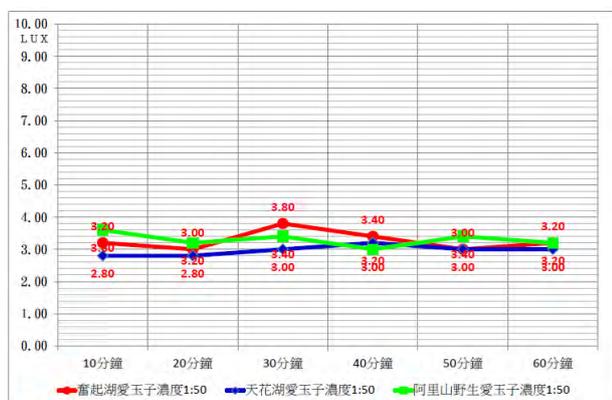


圖 23：農改場逆滲透水對愛玉透光度比較

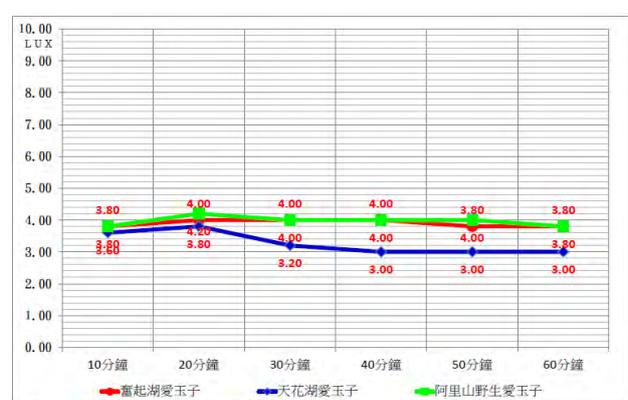
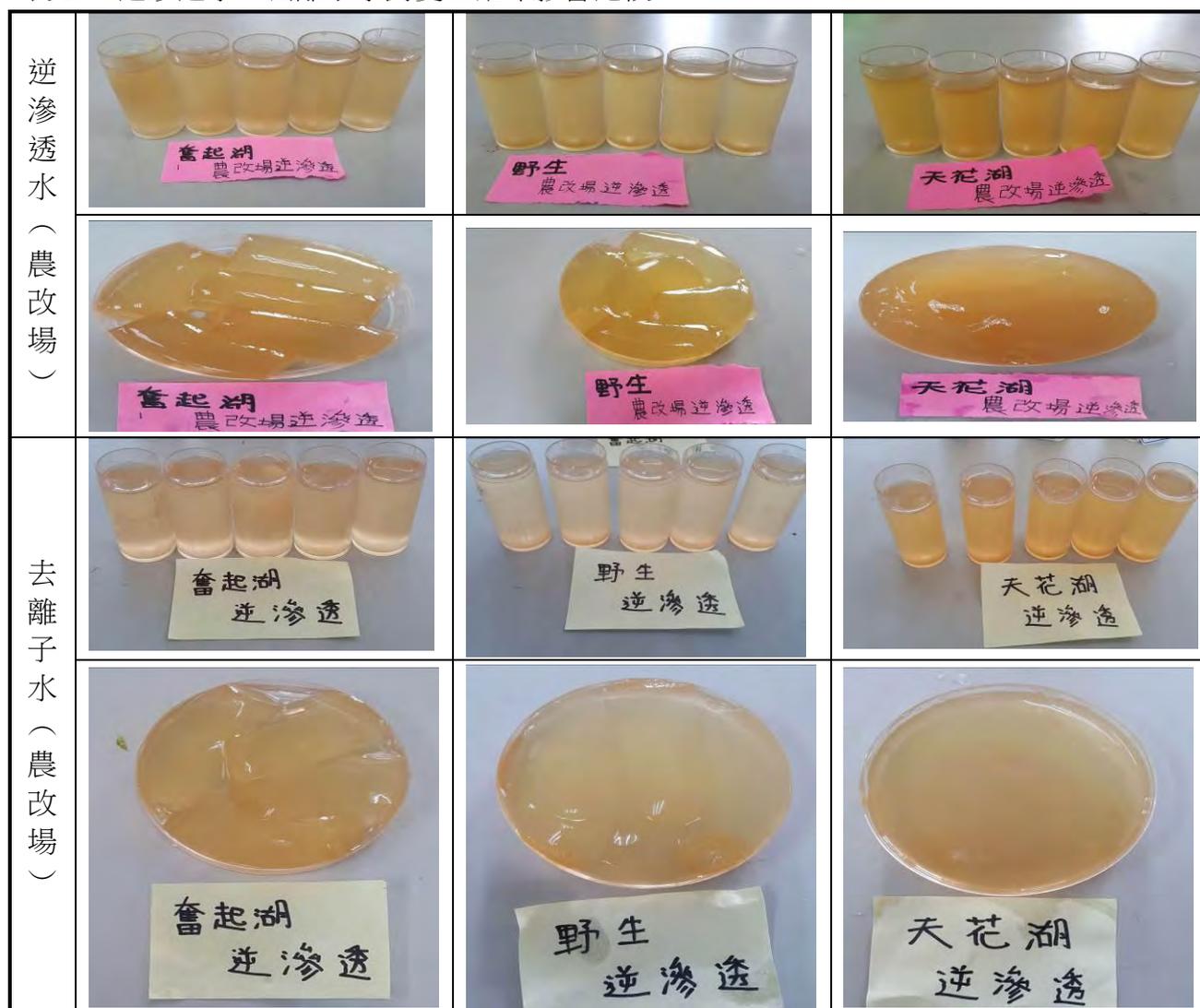


圖 24：農改場去離子水對愛玉透光度比較

表 13：逆滲透水、去離子水對愛玉結凍影響比較



註：剛開始時我們還未確認第二種水為去離子水，所以標籤依舊寫逆滲透

研究 2-1 -2~愛玉種子結凍的秘密

【研究構想】：前一個延伸實驗證明最乾淨的水「逆滲透水」、「去離子水」都會使愛玉結凍，我們推測種子中的碎屑含有離子，讓愛玉結凍。因而進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備不同水質：「去離子水」。
- 2.將奮起湖愛玉子、阿里山野生愛玉子、天花湖愛玉子，用篩網過濾出種子、碎屑各 4 公克。
- 3.其餘步驟與研究 2-1 步驟 2.-6.相同。
- 4.將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 1.種子碎屑：天花湖愛玉種子碎屑 38 分鐘結凍；奮起湖愛玉種子碎屑，超過 1 小時 22 分鐘結凍；阿里山野生愛玉子，1 小時 54 分鐘結凍。
- 2.純愛玉種子：奮起湖愛玉種子 14 分鐘結凍；天花湖愛玉種子 27 分鐘結凍；阿里山野生愛玉子，1 小時 45 分鐘結凍。
- 3.軟硬度：碎屑結凍後以天花湖較成形，軟硬度為 1 克；純種子以奮起湖愛玉凍、阿里山野生愛玉較成形，軟硬度為 1 克。

4. 結果如表 14-15、圖 25-26。

【實驗結果與討論】：

從實驗顯示，純種子、碎屑確實會影響結凍。由表 15 結凍情形發現只有天花湖愛玉種子碎屑能結成凍；奮起湖及野生的純種子，能結成凍，天花湖純種子卻無法成形。推測有碎屑可能含有離子，讓愛玉可結成凍。

表 14：去離子水對愛玉透光度比較表

種類/透光度/時間		10 分鐘 (Lux)	20 分鐘 (Lux)	30 分鐘 (Lux)	40 分鐘 (Lux)	50 分鐘 (Lux)	60 分鐘 (Lux)	軟硬度 (g)
碎屑	奮起湖愛玉子	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0
	天花湖愛玉子	3.00	2.20	2.40	2.40	3.00	2.80	1
	阿里山野生愛玉子	3.60	3.60	3.80	3.80	4.00	4.00	0
純種子	奮起湖愛玉子	4.00	3.40	4.00	3.80	4.00	3.80	1
	天花湖愛玉子	3.80	4.00	3.20	3.40	3.00	3.40	0
	阿里山野生愛玉子	3.80	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	1

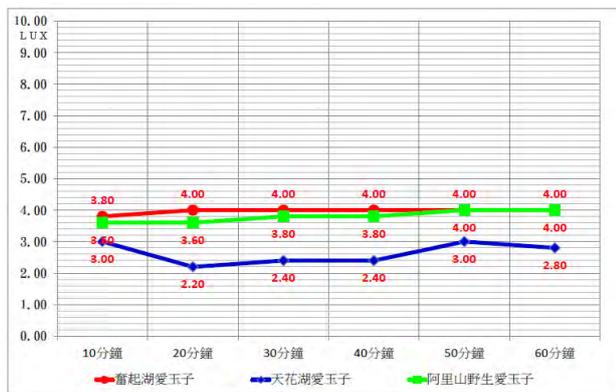
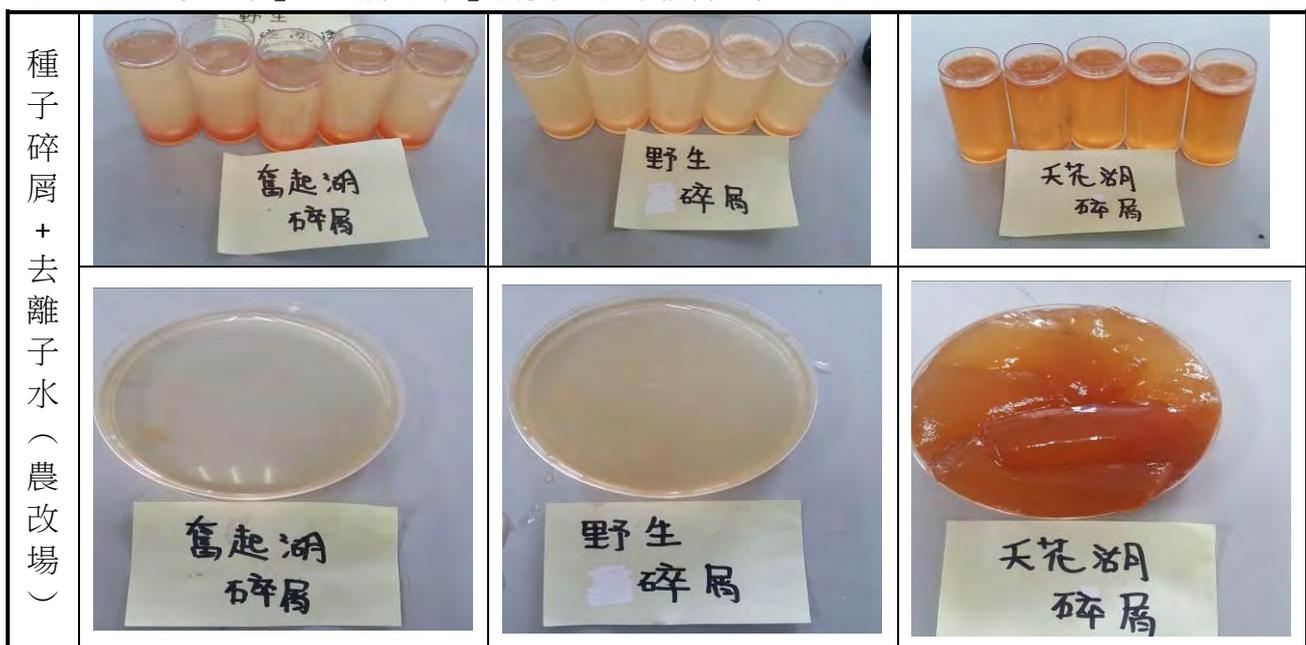


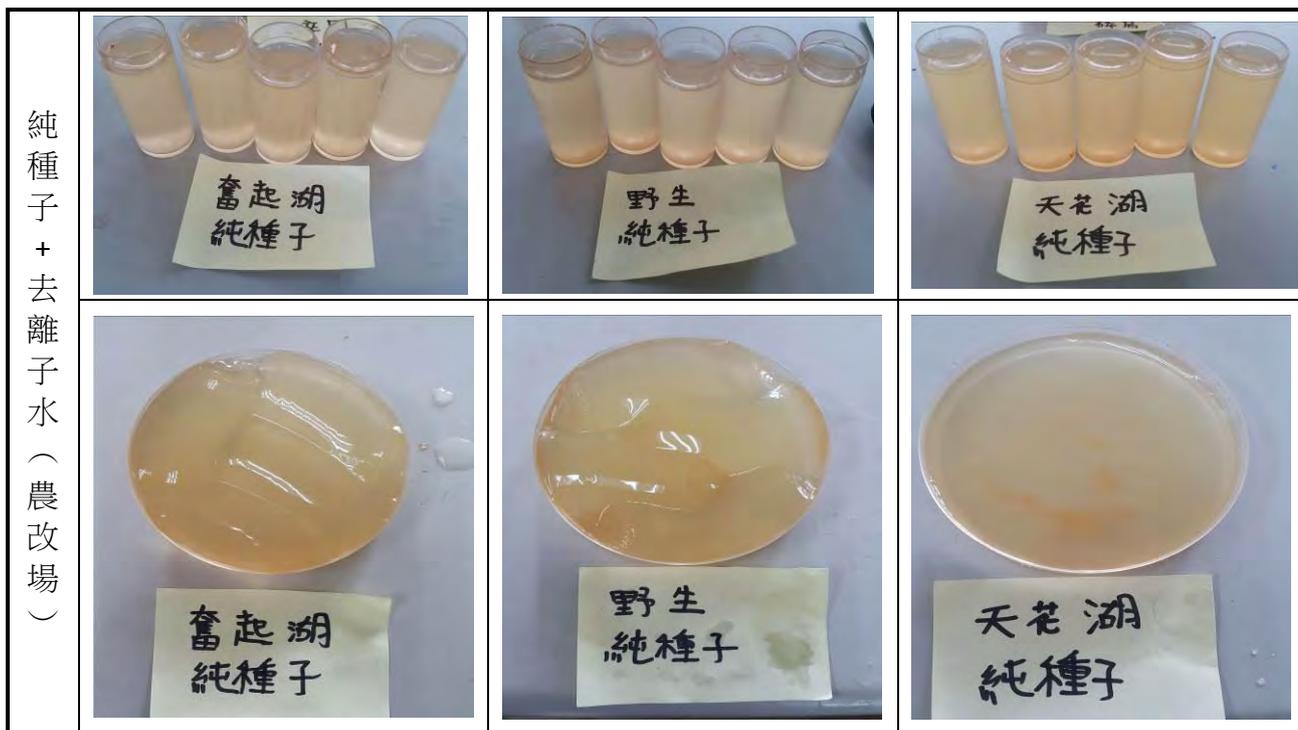
圖 25：愛玉碎屑結凍透光度



圖 26：純愛玉子結凍透光度

表 15：「逆滲透水」、「去離子水」對愛玉結凍影響比較





研究 2-2、不同水質對愛玉軟硬度影響。

【研究構想】：我們想了解不同水質對愛玉凍軟硬度的影響，因此，進行「不同水質」對愛玉軟硬度影響的實驗。

【實驗步驟】：

- 1.與研究 2-1 步驟 1-4.相同
- 2.利用自製愛玉軟硬度檢測器，測試愛玉軟硬度【詳見二、自製實驗裝置之(三)自製愛玉硬度檢測器】
- 3.先將自來水製成的天花湖愛玉棟，放置愛玉軟硬度檢測器平台，放上測試彎玄，下方放置砝碼，直到愛玉被切開，計算砝碼數量。
- 4.改測試奮起湖愛玉凍、野生愛玉凍，重複步驟 2.步驟 3。
- 5.改將逆滲透水、Deep 水，將結果記錄成表格，畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.自來水製作愛玉，以天花湖愛玉種子產生的愛玉凍最硬。
- 2.逆滲透水製作愛玉，以野生愛玉種子產生的愛玉凍最硬。
- 3.Deep 水製作愛玉，以奮起湖愛玉種子產生的愛玉凍最硬。
- 4.結果如表 16、圖 27。

【實驗結果與討論】

從實驗發現不同水質對愛玉凍的軟硬度，會有不同影響。天花湖愛玉種子用自來水、野生愛玉種子用逆滲透水、奮起湖愛玉種子用 Deep 水，產生的愛玉凍較硬。有待更進一步深入研究。

表 16：不同水質對愛玉軟硬度影響比較

種類/軟硬度(g)	自來水	逆滲透水	Deep 水
天花湖愛玉	50.00	5.00	5.00
奮起湖愛玉	0.00	10.00	15.00
阿里山野生愛玉	0.00	13.00	10.00

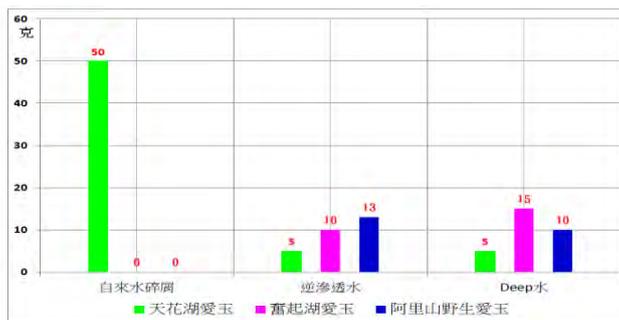


圖 27：不同水質對愛玉軟硬度影響比較圖

研究 2-3 不同酸鹼水溶液，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們常吃的愛玉有的酸的、甜的，心想水的酸性、鹼性、中性，是否影響愛玉結凍，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 酸鹼中性水溶液配製：
 - (1) 酸性：將檸檬切塊，用壓汁器，將檸檬壓取汁液約 70mL。
 - (2) 鹼性：將小蘇打水，配製成過飽和水溶液約 70mL。
 - (3) 中性：
 - 取鹽 4 公克，加入 200 mL 自來水，完成鹽的水溶液。
 - 取糖 4 公克，加入 200 mL 自來水，完成糖的水溶液。
2. 準備愛玉子：利用電子天平取天花湖愛玉子、奮起湖愛玉子及野生愛玉子各 4 公克。
3. 取 200mL 自來水，加入 4 公克天花湖愛玉子、酸性檸檬汁 20mL，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
4. 將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
5. 將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。
6. 改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
7. 改用鹼性小蘇打水、中性鹽、糖。
8. 將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

1. 加入糖水，所有愛玉子 10 分鐘都可以結成凍，野生愛玉結凍不產生水。
2. 加入鹽水，天花湖愛玉子 6 分鐘可以結成凍，而奮起湖及野生愛玉子 1 小時才結凍。
3. 加入小蘇打水，天花湖愛玉子 5 分鐘可以結成凍，而奮起湖 9 分鐘及野生愛玉子 30 分鐘才結凍。
4. 奮起湖愛玉凍及野生湖愛玉凍，都是在糖水鹽水透光度較大；而天花湖愛玉凍，酸鹼不同水溶液透光度相近。
5. 加入檸檬水（酸性），所有愛玉子都不能結成凍。
6. 奮起湖愛玉結凍率，在鹽水小蘇打水最高，在糖水最低（產生很多水）；天花湖愛玉結凍率，在糖水最高，在小蘇打水最低；野生愛玉結凍率，在糖水最高，在小蘇打水最低。
- 7 結果如表 17-21、圖 28-35。

【實驗結果與討論】

從實驗發現不同酸鹼對愛玉凍的結凍情形及軟硬度，有不同影響。酸性的檸檬水，讓所有愛玉子都不能結成凍；而鹼性與中性的水溶液（小蘇打水、糖水、鹽水）都可以讓愛玉子結成凍。是否是所有鹼性、中性的水都可以結凍？酸性不結凍，可否加糖或鹽就可以結成凍？有待更進一步探討。

表 21：不同種類水對愛玉凍軟硬度影響比較

種類/軟硬度(g)/結凍率	軟硬度			結凍率		
	加糖水	加鹽水	小蘇打水	糖水	鹽水	小蘇打水
奮起湖愛玉子	33.40	19.00	4.80	58%	92%	92%
天花湖愛玉子	5.00	22.00	25.00	100%	87%	79%
阿里山野生愛玉子	5.00	14.00	4.60	100%	98%	96%



圖 28：檸檬酸對愛玉透光度影響

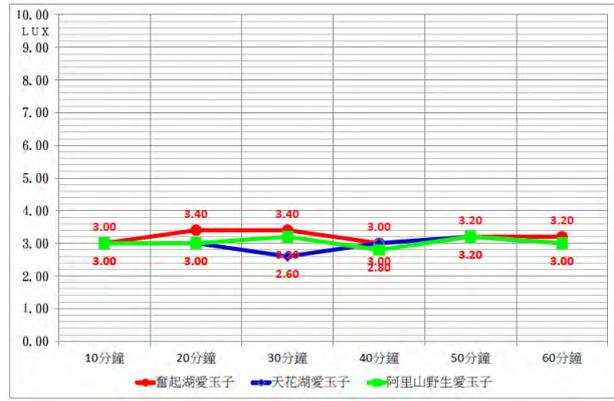


圖 29：小蘇打水對愛玉透光度影響

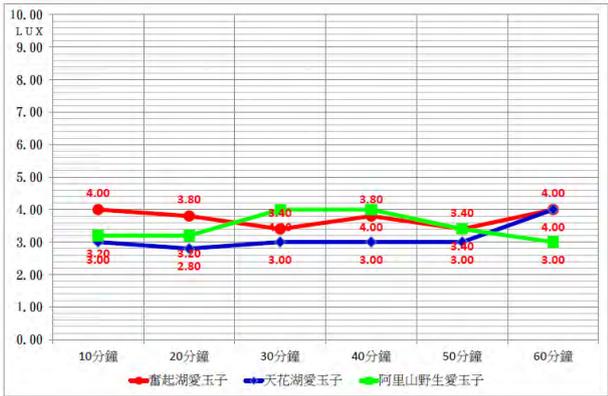


圖 30：糖水對愛玉透光度影響

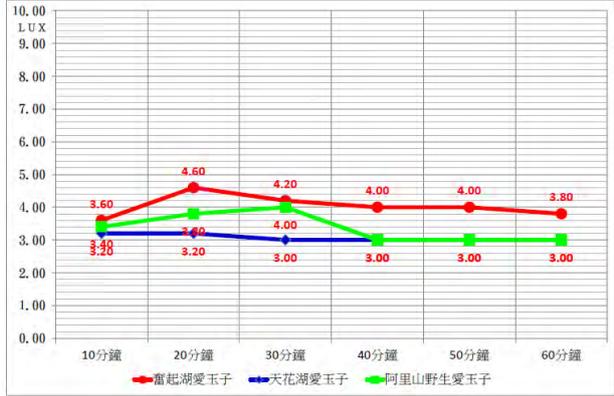


圖 31：鹽水對愛玉透光度影響

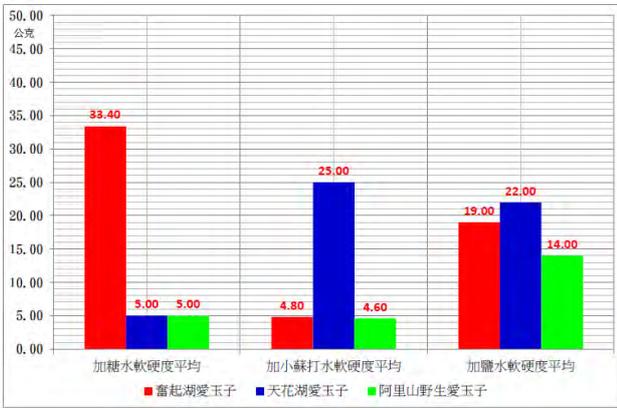


圖 32：不同愛玉種子加鹼性中性水軟硬度比較

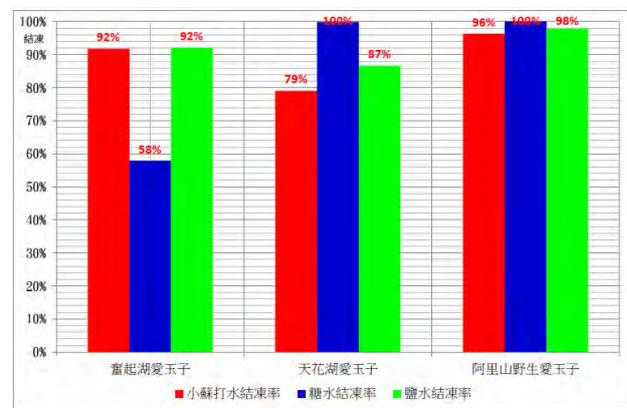


圖 33：不同愛玉種子加鹼性中性水結凍率比較

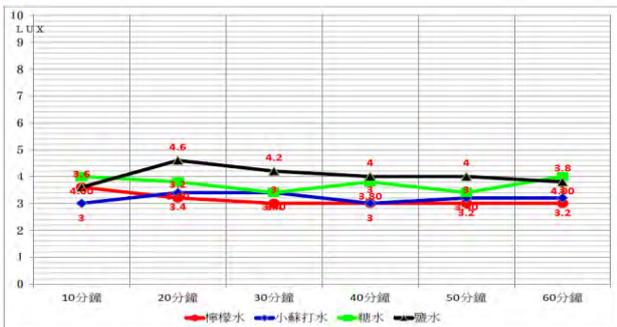


圖 34：酸鹼不同水對奮起湖愛玉凍透光度影響

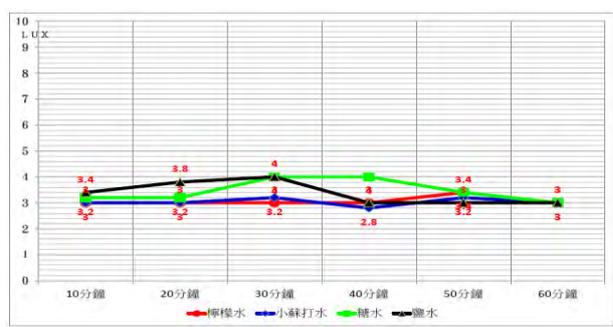
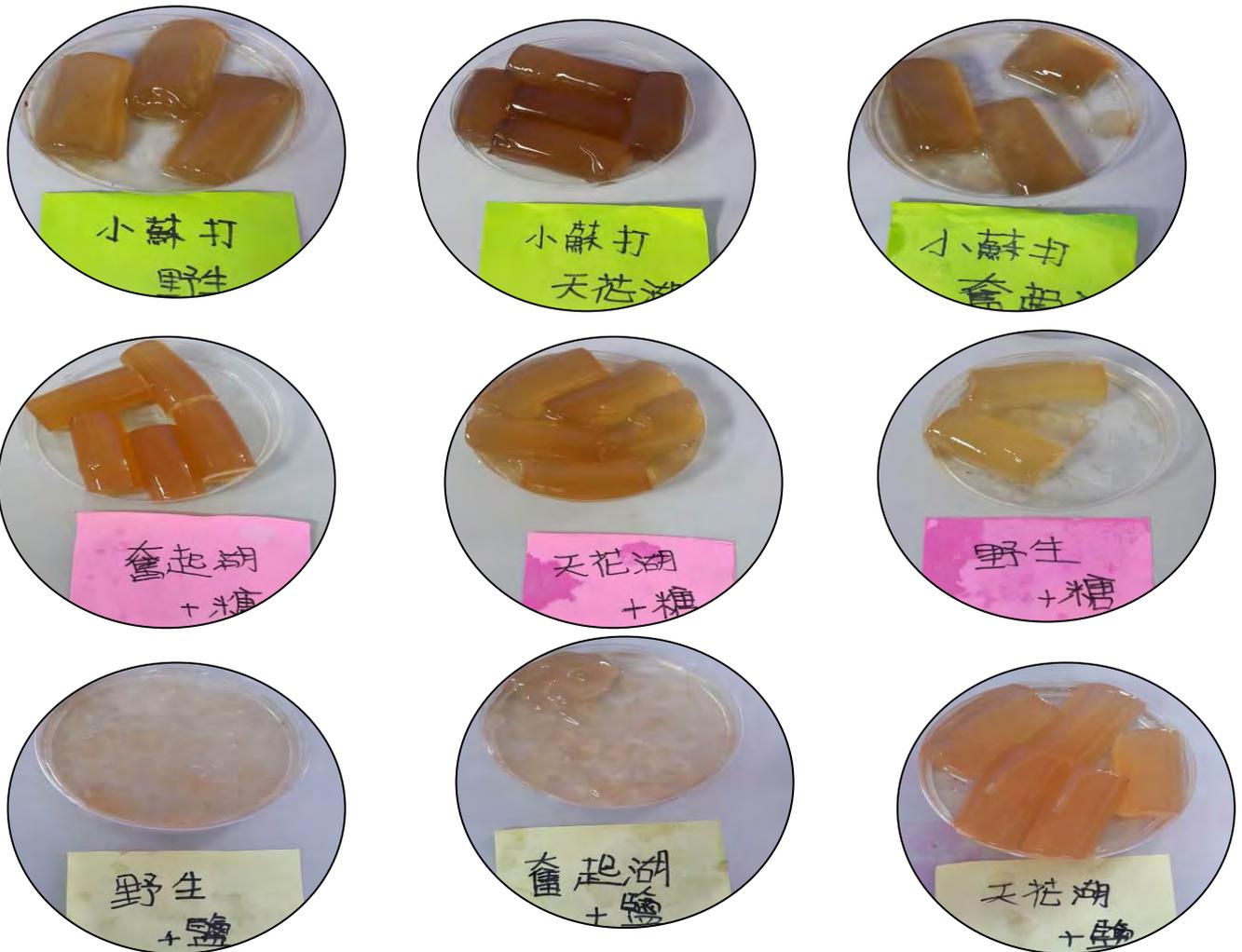


圖 35：酸鹼不同水對野生愛玉凍透光度影響



目的三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

研究 3-1 不同攪拌速度，對愛玉結凍影響？

【研究構想】： 我們想知道愛玉子在果汁機中攪拌，在轉速 1、轉速 2、轉速 3 的轉速下，對愛玉子凝膠有何影響，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 利用電子秤稱取「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」各 4 公克。
2. 取 200mL 自來水，天花湖愛玉種子 4 公克，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
3. 將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
4. 將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。
5. 改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
6. 改將果汁機轉速調為轉速 2 攪拌 1 分鐘、轉速 3 攪拌 1 分鐘，重複步驟 2.~5.。
7. 將結凍的愛玉凍，利用電子秤分別秤出愛玉凍及水的重量。
8. 計算愛玉凍所佔百分比。

【研究發現】：

1. 不同轉速下，三種愛玉子的透光度都是轉速越大，透光度越低。
2. 在轉速 3 時，三種愛玉子都沒有結凍。
3. 不同轉速下，三種愛玉子都是轉速 2 的愛玉凍比轉速 1 的硬。
4. 結果如表 22-23、圖 36-40。

表 22：不同轉速對愛玉透光度影響

種類/透光度(Lux)	轉速 1	轉速 2	轉速 3
奮起湖愛玉子	6.07	3.80	2.97
天花湖愛玉子	4.00	3.03	2.57
阿里山野生愛玉子	5.37	3.00	2.03

表 23：不同轉速對愛玉軟硬度影響

種類/透光度(Lux)	轉速 1	轉速 2	轉速 3
奮起湖愛玉子	0	4	X
天花湖愛玉子	10	4	X
阿里山野生愛玉子	0	11	X

X 未結凍

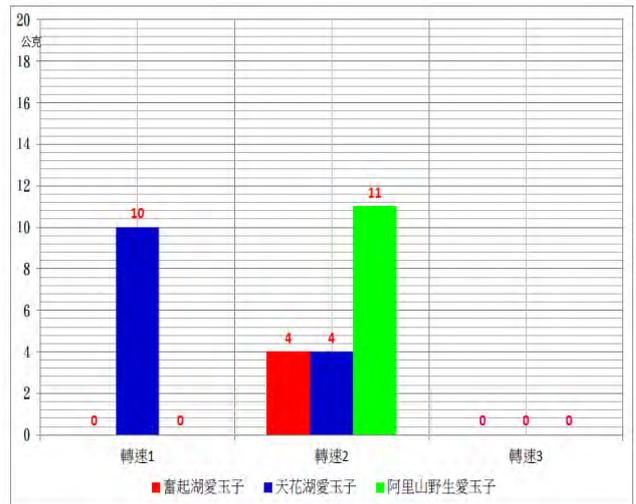


圖 36：不同轉速對愛玉軟硬度影響



圖 37：轉速 1 對愛玉透光度影響

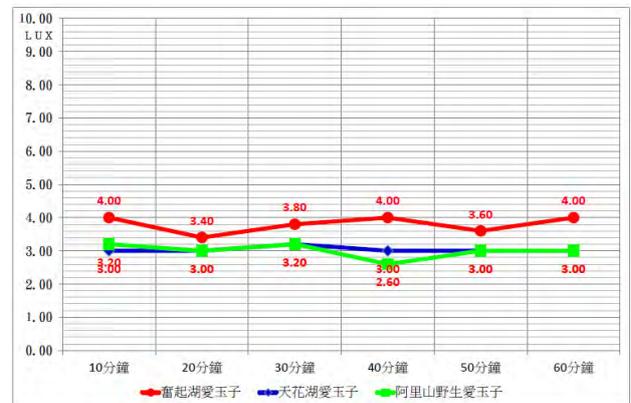


圖 38：轉速 2 對愛玉透光度影響



圖 39：轉速 3 對愛玉透光度影響

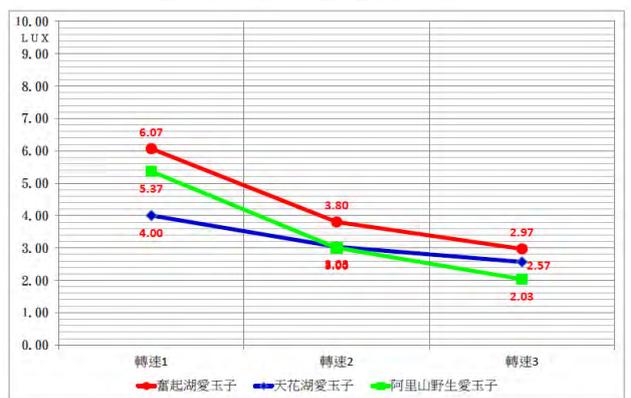
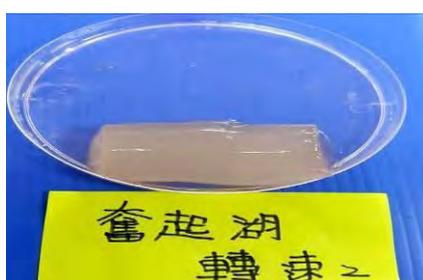


圖 40：不同轉速對愛玉透光度影響比較圖



研究 3-2 不同攪拌時間，對愛玉結凍影響？

【研究構想】： 我們想知道愛玉子在果汁機中攪拌，在攪拌 1 分鐘、2 分鐘、3 分鐘下，對愛玉子凝膠有何影響，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.利用電子秤秤取「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」各4公克。
- 2.取 200mL 自來水，天花湖愛玉種子 4 公克，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
- 3.將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
- 4.將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。
- 5.改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
- 6.改將果汁機轉速調為轉速 1 攪拌 1 分鐘、攪拌 2 分鐘，重複步驟 2.~5.。
- 7.將結凍的愛玉凍，利用電子秤分別秤出愛玉凍及水的重量。
- 8.計算愛玉凍所佔百分比。

【研究發現】：

- 1.不同攪拌時間下，三種愛玉子的透光度都是攪拌越久，透光度越低。
- 2.在攪拌 3 分鐘，三種愛玉子都沒有結凍；攪拌 1 分鐘的愛玉較硬。
- 3.結果如表 24-27、圖 41-44。

表 24：攪拌 1 分鐘對愛玉透光度影響

種類/透光度(Lux)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
奮起湖愛玉子	7.00	6.00	6.00	6.00	5.80	5.60
天花湖愛玉子	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
阿里山野生愛玉子	5.00	5.00	5.60	5.60	5.60	5.40

表 25：攪拌 2 分鐘對愛玉透光度影響

種類/透光度(Lux)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
奮起湖愛玉子	4.00	3.80	3.00	3.00	3.60	3.60
天花湖愛玉子	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.20
阿里山野生愛玉子	2.40	3.00	2.60	3.00	2.80	2.00

表 26：攪拌 3 分鐘對愛玉透光度影響

種類/透光度(Lux)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
奮起湖愛玉子	2.40	2.00	2.20	2.00	2.00	2.00
天花湖愛玉子	2.40	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
阿里山野生愛玉子	1.80	2.00	2.00	1.60	2.00	2.00

表 27：不同攪拌時間對愛玉軟硬度影響

種類/透光度(Lux)	攪拌 1 分鐘	攪拌 2 分鐘	攪拌 3 分鐘
奮起湖愛玉子	10	1.4	0
天花湖愛玉子	5	0	0
阿里山野生愛玉子	11	0	0

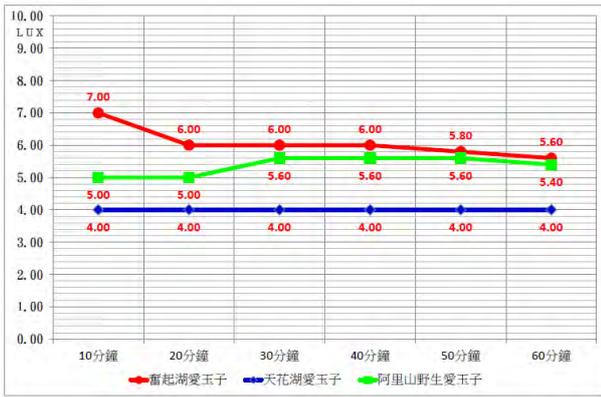


圖 41：攪拌 1 分鐘愛玉透光度比較

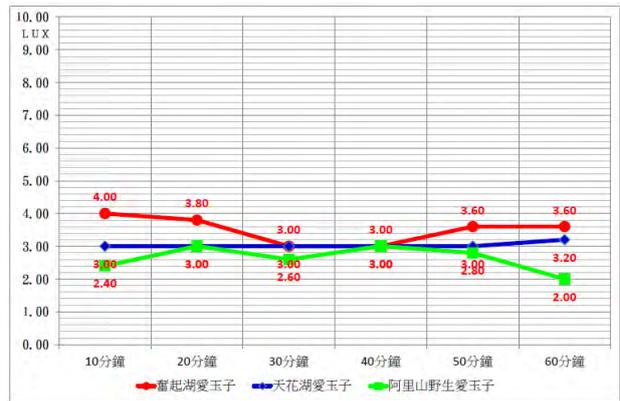


圖 42：攪拌 2 分鐘愛玉透光度比較



圖 43：攪拌 3 分鐘愛玉透光度比較

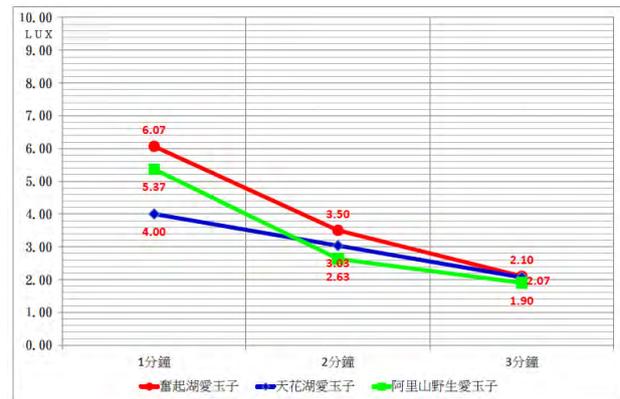
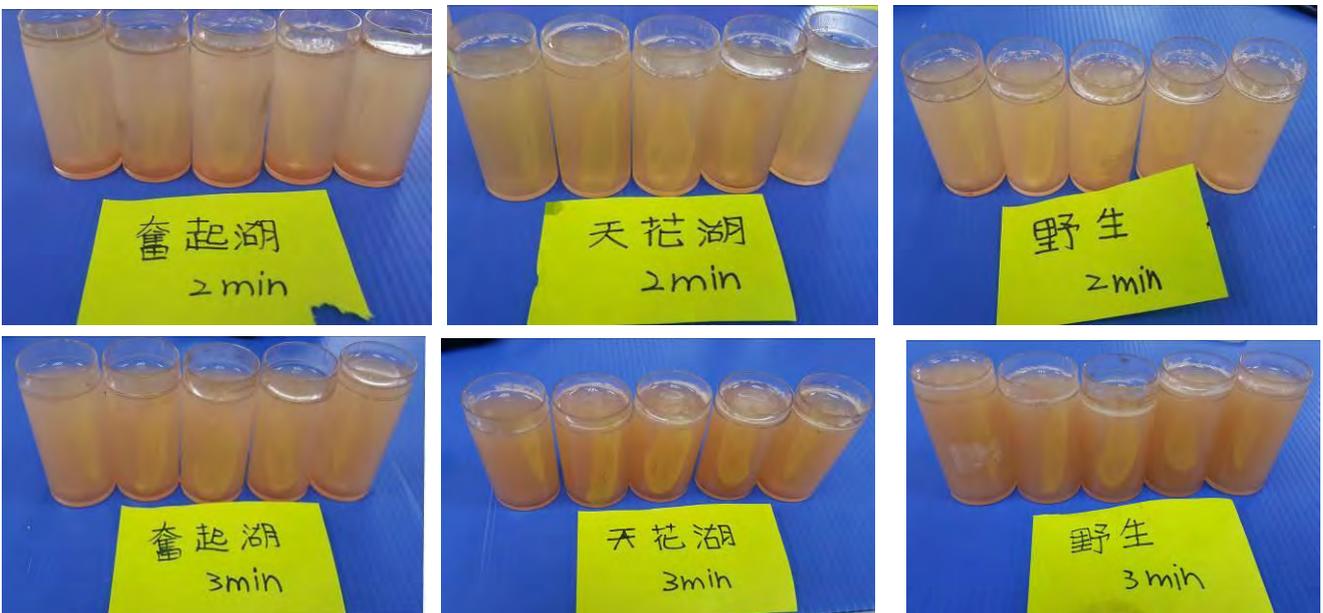


圖 44：不同攪拌時間愛玉透光度比較



目的四、偵探追追追～真假愛玉特性大解碼。

研究 4-1 利用透光度法，比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市售假愛玉與真愛玉有何不同？首先我們進行透光度的比較實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備愛玉子：利用電子天平取天花湖愛玉子、奮起湖愛玉子及野生愛玉子各 4 公克。
2. 取 200mL 自來水，加入 4 公克天花湖愛玉子，倒入果汁機中，利用轉速 1 攪拌 1 分鐘。
4. 將攪拌液倒入愛玉搓洗袋，將愛玉擠出，並倒入 5 個小試管。
5. 將小試管放入透光度檢測器中，測量透光度，共 5 次。

- 改用奮起湖愛玉子及野生愛玉子，重複步驟 3.~5.。
- 改用多喝水、逆滲透、DEEP 水。
- 改用市售「愛玉膠」取 4 公克、加入 200mL 自來水，重複步驟 5.。
- 將結果記錄成表格、統計圖。

【研究發現】：

- 以自來水製作三種愛玉子凍透光度，都小於用愛玉膠的假愛玉透光度。
- 在不同水質下，製作三種愛玉子凍，他的透光度，同樣都低於用愛玉膠的假愛玉透光度。
- 結果如表 28-29、圖 45-46。

表 28：愛玉膠與真愛玉透光度比較

愛玉種類/時間(分)	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	40 分鐘	50 分鐘	60 分鐘
奮起湖愛玉子濃度 1:50	7.00	6.00	6.00	6.00	5.80	5.60
天花湖愛玉子濃度 1:50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
阿里山野生愛玉子濃度 1:50	5.00	5.00	5.60	5.60	5.60	5.40
愛玉膠 1:50	9.20	9.80	9.40	8.60	8.60	8.60

表 29：不同水質對愛玉膠與真愛玉透光度比較

愛玉種類/時間	奮起湖愛玉	天花湖愛玉	野生愛玉	愛玉膠
多喝水	5.60	4.80	6.00	7.6
逆滲透	5.00	4.20	5.00	6.4
DEEP	5.60	4.00	4.40	7.2

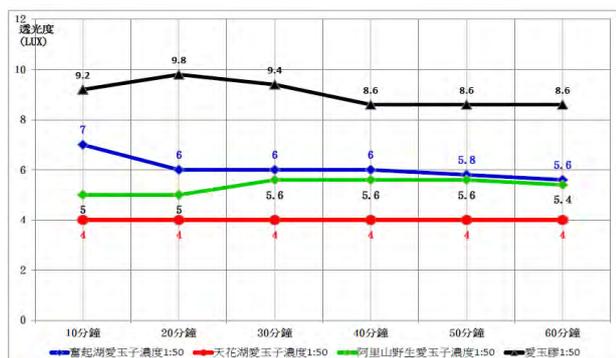


圖 45：愛玉膠與真愛玉透光度比較

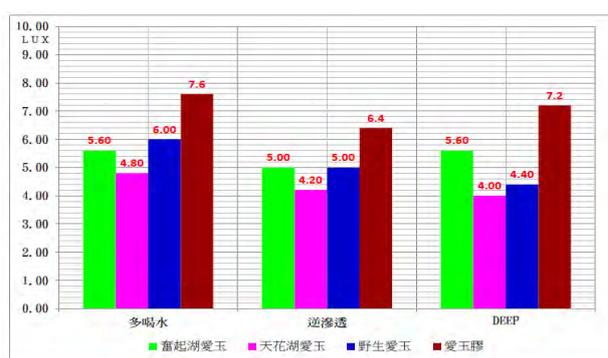


圖 46：不同水質對愛玉膠與真愛玉透光度比較

【實驗結果與討論】

從實驗發現真假愛玉凍，在透光度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，透光度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用透光度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，透光度 7 以上為假愛玉。

研究 4-2 利用軟硬度比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市售假愛玉與真愛玉有何不同？我們進行軟硬度的比較實驗。

【實驗步驟】：

- 與研究 4-1 步驟 1.至 8.相同。
- 利用自製愛玉軟硬度檢測器，測試愛玉軟硬度【詳見二、自製實驗裝置之(三)自製愛玉硬度檢測器】
- 先將逆滲透水製成的天花湖愛玉凍，放置愛玉軟硬度檢測器平台，放上測試彎玄，下方放置砝碼，直到愛玉被切開，計算砝碼數量。
- 改測試奮起湖愛玉凍、野生愛玉凍，重複步驟2.步驟3.。
- 改將Deep水，將結果記錄成表格，畫成統計圖。
- 用市售「愛玉膠」取4公克2份，分別加入200mL逆滲透、Deep水。

【研究發現】：

- 1.三種愛玉種子用逆滲透（軟硬度 5~13 公克）、DEEP 水製作的愛玉凍(軟硬度 5~15 公克)，遠遠小於愛玉膠製作的假愛玉凍（40 公克）。
- 2.結果如表 30、圖 47。

【實驗結果與討論】

從實驗發現真假愛玉凍，在軟硬度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，軟硬度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用軟硬度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，軟硬度 40 公克以上為假愛玉。

表 30：不同水質對愛玉膠與真愛玉軟硬度比較

愛玉種類/軟硬度(g)	軟硬度平均
天花湖愛玉+逆滲透水	5.00
奮起湖愛玉+逆滲透水	10.00
野生愛玉+逆滲透水	13.00
愛玉膠+逆滲透	40
天花湖愛玉+Deep 水	5.00
奮起湖愛玉+Deep 水	15.00
野生愛玉+Deep 水	10.00
愛玉膠+DEEP	40

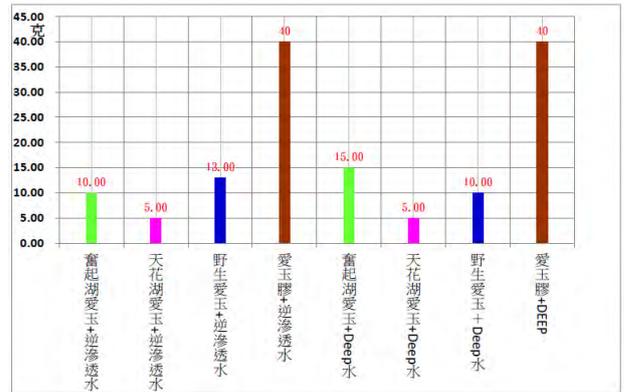


圖 47：不同水質對愛玉膠與真愛玉軟硬度比較

【實驗結果與討論】

從實驗發現，假愛玉其軟硬度比真愛玉還要硬。我們心想不同的水質及愛玉粗細，會不會影響軟硬度？因此，以不同水質、粗細試管進行愛玉膠軟硬度實驗。

研究 4-3 利用碘液測定法，比較真假愛玉差異。

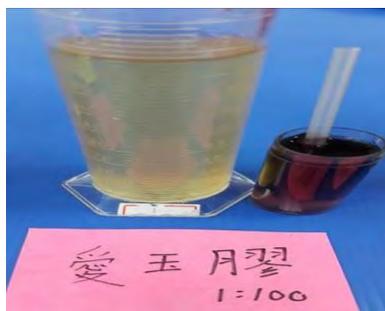
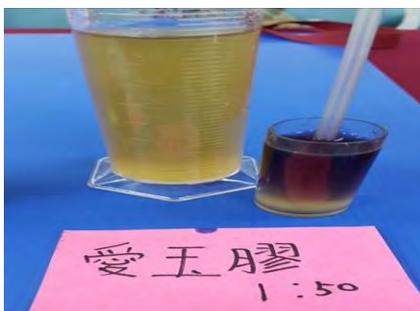
【研究構想】：市售愛玉膠的成分中有修飾澱粉，因此我們想能否利用「碘液」分辨出真假愛玉。就進行了以下「碘液」分辨真假愛玉實驗。

【實驗步驟】：

1. 用市售「愛玉膠」取 4 公克、2 公克、1 公克，分別加入 200ML 自來水，並攪拌均勻。
2. 取研究 2-2 完成之愛玉凍，做為本實驗材料。
3. 將 1mL 碘液滴入步驟 1、2 之愛玉中，攪拌均勻，觀察記錄顏色變化。

【研究發現】：

1. 愛玉膠製作成之愛玉，遇到碘液，都變成藍黑色。
2. 真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色。



【實驗結果與討論】

從實驗發現，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色（含澱粉），真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色（不含澱粉）。在分辨真假愛玉時，「碘液」測定法就是一個不錯的方法。

■ 延伸實驗-利用碘液測試市售結凍食品。

【研究構想】：利用碘液檢測市售相關產品。

【實驗步驟】：

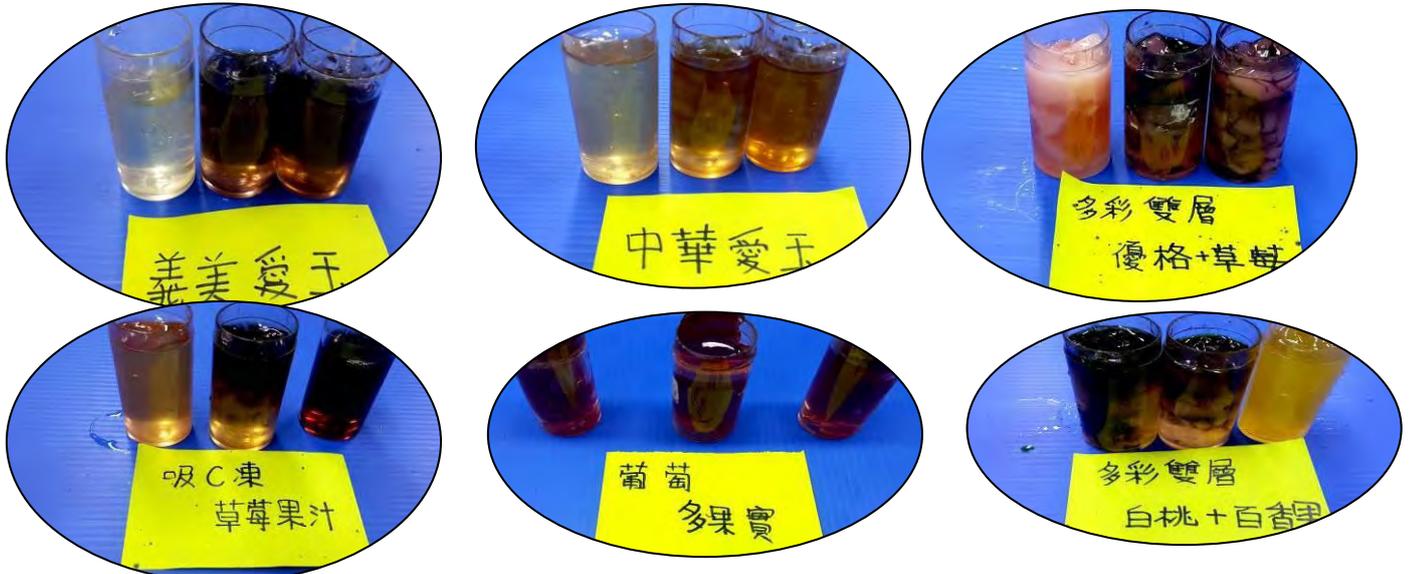
- 1.取市售相關結凍產品，利用小試管取三份。
- 2.將試管放入透光度檢測器，測量透光度。
- 3.將其中 2 個試管加 1mL 入碘液，另一根為對照組（不加碘液）。
- 4.將結果記錄表格。

【研究發現】：

- 1.碘液變藍色（含澱粉者）：義美愛玉、多彩雙層白桃、多彩雙層草莓、金香葡萄凍飲、吸c凍草莓果汁。
- 2.碘液還是黃褐色（不含澱粉者）：中華愛玉、大果實綜合果實、葡萄多果實
- 3.結果如表 31。

表 31：市售結凍食品測試

項目	中華愛玉	義美愛玉	多彩雙層白桃	多彩雙層草莓	大果實綜合果實	葡萄多果實	金香葡萄凍飲	吸c凍草莓果汁
碘液	黃褐色	黑褐色	藍黑色	藍黑色	黃褐色	黃褐色	藍黑色	藍黑色
軟硬度(g)	5	5	5	5	5	5	x	x
透光度(Lux)	4.6	5.6	3	1	7	1.7	6.7	4.7



研究 4-4 利用加熱法，比較真假愛玉差異。

【研究構想】：根據文獻，真假愛玉加熱後變化不同，以下就進行了以下「加熱」分辨真假愛玉實驗。

【實驗步驟】：

- 1.根據研究 2-1 先製作好野生、天花湖、奮起湖三種種子的愛玉凍。
- 2.取研究 4-3 用愛玉膠製成之假愛玉凍，做為本實驗材料。
- 3.取市售愛玉，利用試管取出一個筒狀樣本。
- 4.將步驟 1.~3.之愛玉，加熱、冷卻，觀察記錄外形變化。

【研究發現】：

- 1.愛玉膠製作成之假愛玉，加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。
- 2.真正用愛玉子製作的愛玉，加熱後、冷卻後都不變。

3.市售兩種愛玉凍（維家愛玉、阿里山愛玉）加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

4.結果如表 32。

【實驗結果與討論】

從實驗發現，假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍；真正用愛玉子製作的愛玉，加熱形狀不變，冷卻後還是一樣。在分辨真假愛玉時，「加熱」測定法就是一個不錯的方法。

表 32：利用加熱法測試真假愛玉

項目	奮起湖愛玉	天花湖愛玉	野生愛玉	愛玉膠	維家愛玉	阿里山愛玉
加熱後變化	 不變	 不變	 不變	 融化成液體	 融化成液體	 融化成液體
冷卻後變化	不變	不變	不變	 凝結成凍	 凝結成凍	 凝結成凍

柒、討論

一、愛玉種子凝膠研究。

由研究 1-1 愛玉種子純度研究，發現一般買來的愛玉種子，包含很多碎屑。因此，本研究利用篩網過濾碎屑，實際上發現奮起湖愛玉的種子純度為 88% 最純，野生愛玉種子純度為 83% 最不純。過濾出來的碎屑，經查資料發現是愛玉子果柄（鬚鬚）、或是包裹愛玉子的紅色外皮。這些碎屑構造，能夠產生能凝膠物質，結成凍嗎？我們進行研究 1-2 有關碎屑的實驗。

為了證明愛玉種子碎屑，是否具有凝膠作用，我們將收集到的愛玉種子碎屑，進行研究 1-2 結凍實驗。由研究 1-2 發現三種愛玉種子的碎屑，都可以結成凍，表示種子碎屑含凝膠物質。而且發現野生愛玉凍沒有產生水。這是令人驚訝發現。因為一般認為假愛玉不會產生水（出水現象），這個結果初步告訴我們「不可以用出水與否分辨真假愛玉」！此外，也發現愛玉種子碎屑結凍時間，比愛玉種子結凍快。推測愛玉種子碎屑缺少抑制凝膠物質，因此，比愛玉種子結凍快。有待更進一步研究。

為了想知道愛玉的凝膠量，進行研究 1-3 的實驗。結果發現奮起湖愛玉種子產生的凝膠面積最大，野生愛玉種子產生的凝膠面積最小。膠面積最大，對於自製愛玉凍結凍時間是否較快，凝膠面積最小，愛玉凍結凍時間是否較慢？由研究 2-1 發現以自來水自製愛玉凍時，果真是奮起湖愛玉種子結凍率最高，而野生愛玉種子結凍率最低。符合愛玉種子產生的凝膠面積最大，結凍率最高。

冷水、熱水對愛玉種子凝膠會產生影響嗎？由研究 1-4 發現「熱水對不同種類愛玉種子」均會產生加快凝膠量，正如我們實驗前的預測。

從歷年來有關愛玉研究，發現水質酸性會影響愛玉結凍。我們先進行「研究 1-5 愛玉種子泡水後酸鹼度變化」實驗，作為後續研究的基礎。從研究 1-5 發現愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。野生的愛玉種子浸泡液，酸性最強；天花湖的種子浸泡液，酸性最弱。推測這個結果與研究 2-3 的發現酸性無法結凍有關。

真的愛玉，到底會不會產生水（出水）？從研究 1-6 發現野生愛玉子利用自來水搓洗，結成凍過程不產生水，100% 為愛玉凍。天花湖愛玉子利用逆滲透水、DEEP 水搓洗，結成凍過程不產生水。而奮起湖愛玉子，在這三種水，都會產生水。由研究 1-6 發現真的愛玉，有的會產生水，有的卻不會（野生愛玉子）。因此，無法以愛玉是否會出水來判斷假愛玉真假！！

二、水質對愛玉結凍影響。

由研究 2-1 不同水質對愛玉結凍影響，研究發現四種水自製愛玉都可以結成凍，結凍率以多喝水、DEEP 水，結凍率較高。

報導中逆滲透水無法結成凍不同，經實驗確認逆滲透水、去離子水可以結凍。為了找出原因，我們將愛玉子分成純種子、純碎屑，用去離子水進行實驗（表 15），結凍情形如右表。

結凍情形	天花湖	奮起湖	野生
純種子	X	V	V
碎屑	V	X	X

X 無法成形 V 結成凍狀

根據參考資料，要玉子要結成凍，

必須有凝膠物質及離子。去離子水，幾乎不會有離子。由研究 2-1 -2 用去離子水及三種愛玉種子（含碎屑），會結凍；但是分開種子、碎屑後，天花湖碎屑會結凍，推測種子碎屑含離子及凝膠物質（研究 1-2 結論），因此碎屑可以結凍。而奮起湖及野生愛玉種子，可以結凍，依照過濾種子過程，可能的原因，推測種子夾雜了碎屑（沒過濾乾淨）（碎屑含離子及凝膠物質），因而純種子能結凍。至於純碎屑不會結凍，推測奮起湖、野生的碎屑含離子較少，以致於無法結凍。

不同水質對愛玉軟硬度會有影響嗎？從研究 2-2 發現，不同水質，產生的愛玉凍軟硬不同。天花湖愛玉種子用自來水、野生愛玉種子用逆滲透水、奮起湖愛玉種子用 Deep 水，產生的愛玉凍較硬。

由研究 2-3 不同酸鹼水溶液，對愛玉結凍影響，研究發現加入檸檬水（酸性），所有愛玉子都不能結成凍。不同酸鹼對愛玉凍的結凍情形及軟硬度，有不同影響。而鹼性與中性的水溶液（小蘇打水、糖水、鹽水）都可以讓愛玉子快速結成凍。我們推測只要鹼性與中性的水溶液就可以結凍。

三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

愛玉子攪拌的越用力，結凍是否效果越好呢？由【目的三】3-1 發現轉速 3 時，三種愛玉子都沒有結凍。推測是找到的操考資料所說，攪拌太用力，愛玉子內部抑制凝固的果膠酯酶抑制劑物質流出，以致無法製作出愛玉凍。

至於是否攪拌越久越好？由【目的三】3-2 不同攪拌時間，對愛玉結凍影響，研究發現攪拌 3 分鐘，三種愛玉子都沒有結凍；攪拌 1 分鐘的愛玉較硬。因此，攪拌三分鐘，推測愛玉子內部抑制凝固的果膠酯酶抑制劑物質流出，以致無法製作出愛玉凍。

四、偵探追追追～真假愛玉特性比較。

為了分辨真假愛玉，【目的四】我們採用四種方法試驗：

研究 4-1 透光度比較法，研究發現真假愛玉凍，在透光度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，透光度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用透光度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，透光度 7 以上為假愛玉。

研究 4-2 軟硬度比較法，研究發現真假愛玉凍，在軟硬度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，軟硬度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用軟硬度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，軟硬度 40 公克以上為假愛玉。

研究 4-3 碘液測定法，比較真假愛玉差異。研究發現愛玉膠製作成之愛玉，遇到碘液，都變成藍黑色。真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色。假愛玉遇到碘液會變成藍黑色（含澱粉），真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色（不含澱粉）。在分辨真假愛玉時，「碘液」測定法就是一個不錯的方法。

研究 4-4 加熱測定法，比較真假愛玉差異。研究發現假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍；真正用愛玉子製作的愛玉，加熱形狀不變，冷卻後還是一樣。在分辨真假愛玉時，「加熱」測定法就是一個不錯的方法。

捌、結論

- 一、愛玉的種子夾雜一些碎屑，碎屑可以結成愛玉凍。
- 二、奮起湖愛玉種子，產生的膠質面積最大，野生的愛玉種子，產生的膠質面積最小。
- 三、熱水讓愛玉凝膠物質產生快，因而熱水結凍較快，冷水較慢。
- 四、愛玉種子浸泡越久，水溶液越酸。
- 五、酸性水溶液無法讓愛玉結凍，鹼性、中性都可以結凍。
- 六、逆滲透水可以讓愛玉子結成凍，推測愛玉碎屑具有離子。
- 七、攪拌太快或太久，愛玉中的抑制物質產生，導致無法結凍。
- 八、真假愛玉分辨：碘液試驗法，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色，真愛玉黃褐色；透光度法，假愛玉透光度較大，真愛玉透光度較小；軟硬度法，假愛玉較硬，真愛玉較軟；加熱法，假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

玖、未來研究及建議

本研究從食安出發，企圖找分別真假愛玉的最佳方法，並探討簡易檢測「愛玉」的方法～軟硬度、透光度。未來可更進一步 探討：

- 一、**創意性方面**：未來可更進一步將軟硬度檢測器，應用在其他比較軟硬度的研究上。
- 二、**應用性方面**：本研究經實驗，研發了真假愛玉分辨發法：碘液試驗法、透光度法、軟硬度法，未來可易用在其他食品檢測上。
- 三、**未來研究建議**：
 - (一)繼續針對不結凍的愛玉，加入糖、鹽、或一些鈣片、鋅片，提一些解決的方法。
 - (二)配合本地特產草莓、紅棗、...等，研發不同口味的愛玉，例如草莓愛玉、紅棗愛玉、...等。

拾、研究心得

- 宜○：經過這次的愛玉研究，讓我學到很多，例如：如何製作愛玉、學到有關愛玉結凍的相關知識。我們也遇到了許多困難，幸好小組想出解決的方法。過程當中，除了每次要清洗數以百計的試管、培養皿，每次實驗花非常多的時間。更得犧牲假日、兒童節、清明節假期，到學校來研究。希望我們的辛苦，可以換來好的結果，一圓科學夢！
- 皓○：經過這次愛玉的研究，讓我學到如何製作愛玉和許多愛玉的相關訊息，以及和同組的同學一起合作、共同克服困難。我們像科學家一樣犧牲假日、兒童節、清明節到校研究，很感謝我們的老師每天陪我們實驗，希望我們利用這些時間可以換取來更好的結果，讓我們的辛苦變得很值得。
- 竣○：這次的研究讓我學到了很多。我們遇到了「愛玉如何測軟硬度」、「真假愛玉如何分辨」的困難，小組也一起想辦法利用自製愛玉軟硬測試平台、透光度、碘液測試、等解決的辦法，讓我收穫滿滿！很謝老師的指導，讓我們完成這次的研究。

參考文獻

1. 傅麗玉、楊水平 (2015)。愛玉說愛玉凍的化學，台灣化學教育, 第 10 期。2019.1.25 取自 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=11897>
2. 「凍」裡乾坤—愛玉凝膠因子之探討，第 50 屆全國科展，國中組生活與應用科學科。2019.1.25 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=5506>(科展群傑廳)
3. 愛玉~愛在凍結時，第 45 屆全國科展，國小組 自然科。2019.1.25 取自 <https://www.ntsec.edu.tw/FileAtt.ashx?id=1413>
4. 市場上有 90%都是假愛玉(2018.09.17)。三立新聞。2019.1.25 取自 <https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=430935>
5. 市售 9 成「假愛玉」做 1 公斤只要 5 塊錢。2018.1.25 取自 <http://lilylifestyle.pixnet.net/blog/post/97925403-%E5%B8%82%E5%A0%B4%E4%B8%8A%E6%9C%8990%E5%85%E9%83%BD%E6%98%AF%E5%81%87%E6%84%9B%E7%8E%89>
6. 到底什麼是修飾澱粉(2013.6.13)。2019.2.5 取自 <https://blog.ytower.com.tw/uncategorized/%E5%88%B0%E5%BA%95%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AF%E4%BF%AE%E9%A3%BE%E6%BE%B1%E7%B2%89/>
7. 愛玉中的科學，第六屆原住民華碩雲端科展。2019.3.3 取自 <http://yabit.et.nthu.edu.tw/2018yabit/award/6/2014028.pdf>

【評語】 080207

1. 此作品主要探討不同愛玉種子凝膠差異、水質與攪拌方式對愛玉結凍影響，以及真假愛玉特性分析，對食品科學與生活科學有相當程度的應用價值。
2. 歷年來已有多次相似主題之參展作品，或相關文獻報導，作者說明了此作品的研究方向與比較與其他作品的相異處，但建議提供數據做比較，並強調本作品有別於其他報導的重要發現。
3. 實驗討論多偏向性質上的敘述，建議增加定量數據的呈現與歸納。
4. 真假愛玉分辨發法：碘液試驗法，並非獨創，(詳 58 屆環保與民生國中組作品)。
5. 實驗變因的選擇、如何判定成效以及為何要做這些量測應詳細說明。
6. 自製測量方法及儀器，值得鼓勵，但建議比較新舊方法儀器的效果，以建立新可信度。
7. 有系統性的選擇實驗變因，才能針對結果進行邏輯推理及討論。
8. 完整實驗順序建議先將結果呈現出來，再提出發現與問題、之後進行解釋與討論，最後再作結論。
9. 透光度的數值所代表的意義應說明，有些圖和表的數據相同，建議選擇其一呈現即可，不需重複。摘要敘述太過條列式，

相關研究寫得稍嫌簡略，種籽純度表示圖不容易讓人一目了然，部分實驗數據出現圖文不符合的現象。

10. 針對坊間資料或新聞報導針對鑑定真假愛玉的方式出四種包含硬度、透光度、加熱法，及碘液鑑測法實驗探討，深具實驗精神。

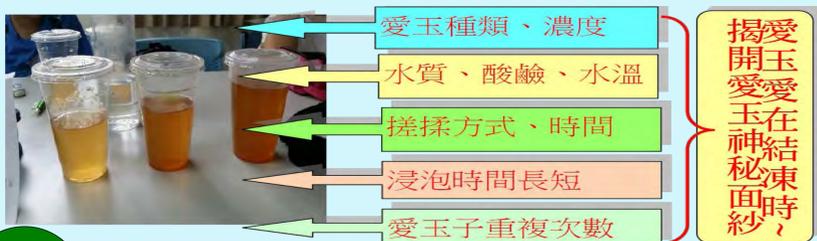
摘要

本研究源於暑假製作的愛玉沒有結成像果凍，因此，進行一系列有關影響愛玉的研究。**研究結果發現：**

- 一、愛玉的種子夾雜一些碎屑，碎屑可以結成愛玉凍。
- 二、奮起湖愛玉種子，產生的膠質面積最大，野生的愛玉種子，產生的膠質面積最小。
- 三、熱水讓愛玉凝膠物質產生快，因而熱水結凍較快，冷水較慢。
- 四、愛玉種子浸泡越久，水溶液越酸。
- 五、酸性水溶液無法讓愛玉結凍，鹼性、中性都可以結凍。
- 六、逆滲透水可以讓愛玉子結成凍，推測愛玉碎屑具有離子。
- 七、攪拌太快或太久，愛玉中的抑制物質產生，導致無法結凍。
- 八、真假愛玉分辨：**碘液試驗法**，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色，真愛玉黃褐色；**透光度法**，假愛玉透光度較大，真愛玉透光度較小；**軟硬度法**，假愛玉較硬，真愛玉較軟；**加熱法**，假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

壹 研究動機

本研究源自於暑假參加夏日樂學活動時，老師教我們如何製作愛玉。結果有些同學製作的不理想，愛玉沒有像果凍，而是黏黏的液體。因此引發我們的好奇心，就進行一系列有關愛玉的研究。研究方向思考圖，如下：



貳 研究目的及問題

我們針對影響愛玉結凍因素，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

目的一、愛玉種子凝膠研究。

- 研究1-1愛玉種子純度是否不同？
- 研究1-2愛玉種子碎屑，是否具凝膠作用？
- 研究1-3市售的愛玉種子，哪一種產生的凝膠較多？
- 研究1-4冷水熱水對愛玉種子，對凝膠產生影響？
- 研究1-5愛玉種子泡水後，酸鹼度變化。
- 研究1-6不同種類愛玉出水量比較。

目的二、水質對愛玉結凍影響。

- 研究2-1不同水質，對愛玉結凍影響？
- 研究2-2不同水質，對愛玉軟硬度影響？
- 研究2-3不同酸鹼水溶液，對愛玉結凍影響？

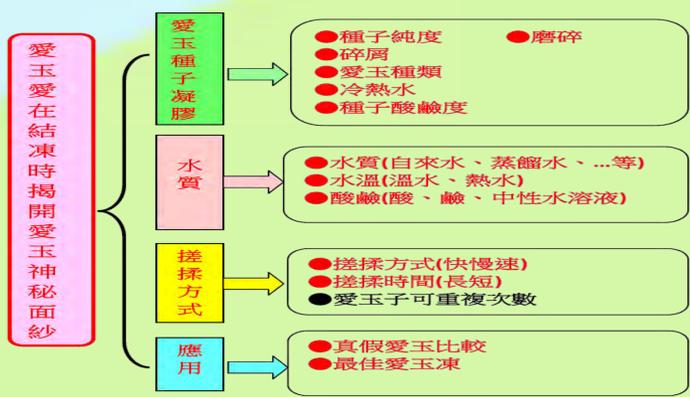
目的三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

- 研究3-1不同攪拌速度，對愛玉結凍影響？
- 研究3-2不同攪拌時間，對愛玉結凍影響？

目的四、偵探追追追～真假愛玉特性大解碼。

- 研究4-1利用透光度法，比較真假愛玉差異。
- 研究4-2利用軟硬度法，比較真假愛玉差異。
- 研究4-3利用碘液測定法，比較真假愛玉差異。
- 研究4-4利用加熱法，比較真假愛玉差異。

參 研究架構



肆 文獻探討(略)

伍 研究設備及器材

一、實驗器材：

(一)器材：

塑膠杯(10個)	蒸餾水(10瓶)	多喝水(2瓶)	藥材袋(10包)
小試管(20個)	量筒(10個)	逆滲透(2瓶)	糖(1包)
塑膠滴管(10個)	豆漿袋(3個)	DEEP水(2瓶)	鹽(1包)
碘液(1瓶)	醋(1瓶)	檸檬(3顆)	小蘇打(1包)
壓汁器(1台)	電池(3顆)	遮光布(1塊)	

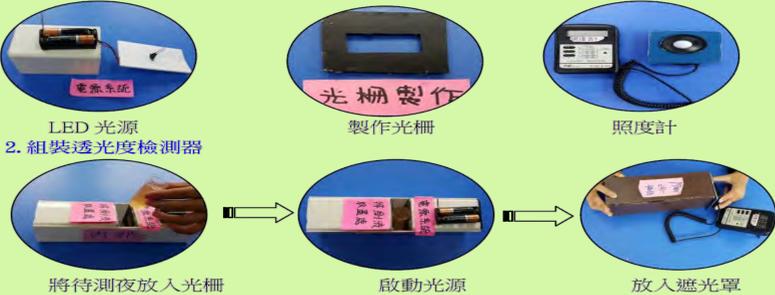
(二)各種愛玉子材料：(詳如說明書)

(三)儀器：(詳如說明書)

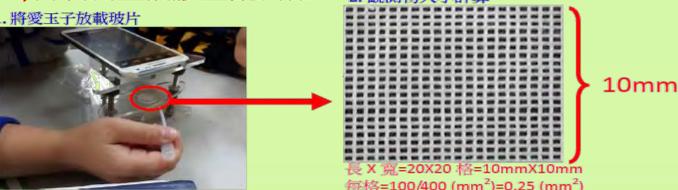
二、自製實驗裝置

(一)自製液體透光度檢測器

1. 準備檢測器 LED 光源、光柵、照度計



(二)自製測量凝膠量觀測器



(三)自製愛玉硬度檢測器



陸 研究過程與研究結果

目的一、愛玉種子凝膠研究

研究1-1：愛玉種子純度研究

【研究構想】：我們買到的愛玉子，看起來除了愛玉種子外，還有一些碎屑。我們想知道純的愛玉種子有多少？因此，進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 利用篩網分別將「天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子、野生愛玉種子」的碎屑過濾。



圖 3：篩選種子碎屑



圖 4：愛玉種子碎屑與純種子比較

2. 利用電子秤出愛玉種子、碎屑的重量。
3. 計算玉種子、碎屑的百分比。
4. 利用表格記錄結果，並畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 奮起湖愛玉的種子純度為88%最純，野生愛玉種子純度為83%最不純。
2. 結果如表1、圖5。

表 1：不同種類愛玉種子純度比較表

種子純度	純種子	種子碎屑	種子純度%
天花湖愛玉種子	22.5	4.77	83%
奮起湖愛玉種子	40.47	5.26	88%
野生愛玉種子	24.13	4.91	83%

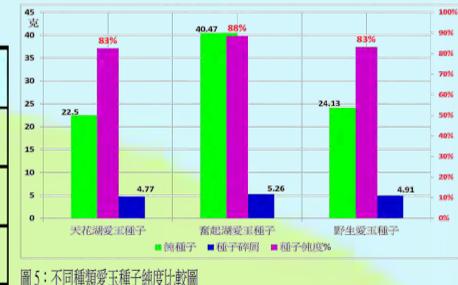


圖 5：不同種類愛玉種子純度比較圖

【實驗結果與討論】：

從實驗發現整包的愛玉種子，並非全是種子，還夾雜了一些碎屑，因此，三種愛玉種子純度不一，是否會影響愛玉結凍？而這些碎屑，是否也會結凍？這些都有待更進一步研究。

研究1-2愛玉種子碎屑，是否具凝膠作用？

【研究構想】：從研究1-1發現愛玉種子不純，帶有一些碎屑。我們很好奇，這些碎屑是否能結成凍？因此，進行「愛玉碎屑」的實驗

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

1. 三種愛玉種子的碎屑，都可以結成凍。
2. 野生愛玉透光度最大，而且愛玉凍沒有產生水。
3. 天花湖愛玉種子碎屑，出水量最大。
4. 結果如表2-3、圖6-13。

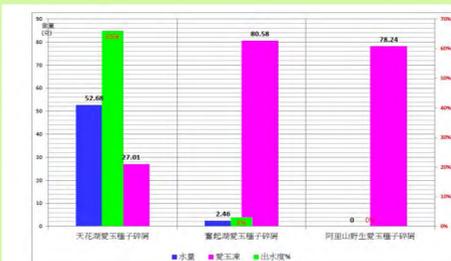


圖 6：愛玉碎屑對愛玉結凍比較



圖 7：愛玉碎屑對愛玉透光度比較



圖 8：天花湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 9：奮起湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 10：野生愛玉種子碎屑結凍情形



圖 11：奮起湖愛玉種子碎屑結凍情形



圖 12：野生愛玉種子碎屑結凍情形



圖 13：天花湖愛玉種子碎屑結凍情形

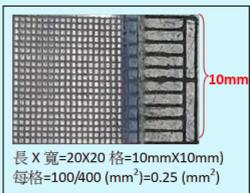
【實驗結果與討論】：

從實驗發現愛玉種子中所夾雜的碎屑，可以結成凍，這是讓我們感到最驚訝的！此外，野生的愛玉碎屑，結成凍後，不會產生水。

研究1-3：市售的愛玉種子，哪一種產生的凝膠較多？

【研究構想】：我們為了想深入了解愛玉種子加水後，產生的凝膠量。我們仔細觀察愛玉子加水後產生凝膠的實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

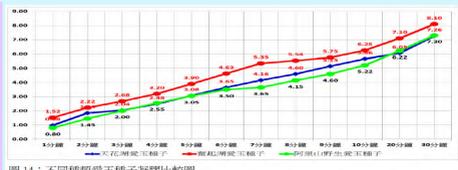


【研究發現】：

- 1.三種愛玉種子加水產生的凝膠面積，隨著時間變長漸漸增加。
- 2.奮起湖愛玉種子產生的凝膠面積最大，野生愛玉種子產生的凝膠面積最小。
- 3.結果如表4、圖14-15。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現愛玉種子加水後，會產生凝膠現象，而且，隨著時間變長漸漸增加。我們心想如果改用熱水，會產生凝膠會不會更多？我們進行以下實驗。



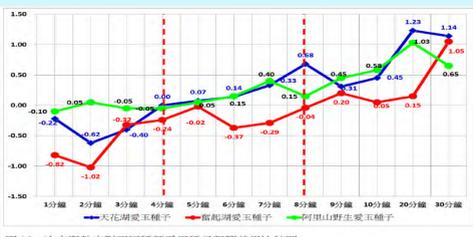
研究1-4冷水熱水對愛玉種子，產生凝膠影響？

【研究構想】：我們想了解愛玉種子加水後，產生的凝膠量。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.天花湖愛玉種子、奮起湖愛玉種子加熱水後，從第4分鐘後所產生凝膠面積比冷水多。
- 2.野生愛玉種子加熱水後，從第8分鐘後所產生凝膠面積比冷水多。
- 3.結果如表5-6、圖16。



【實驗結果與討論】：

從實驗發現愛玉種子加熱水後，產生的凝膠面積較大。或許要讓愛玉產生凝膠，利用熱水來搓洗，會是一個可行的方法。有待進一步實驗。

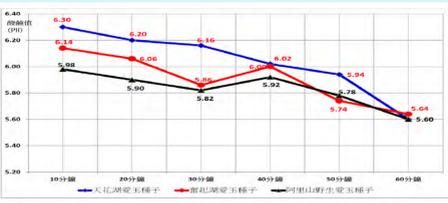
研究1-5：愛玉種子泡水後，酸鹼度變化。

【研究構想】：根據找到資料，愛玉結凍會受到水的酸鹼影響，我們心想愛玉種子加水後，它的酸鹼是怎樣？而這個愛玉種子原來的酸鹼性，是否對於產生凝膠有影響？我們進行以下實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.野生的愛玉種子浸泡液，酸性最強；天花湖的種子浸泡液，酸性最弱。
- 2.三種愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。
- 3.結果如表7、圖20。



【實驗結果與討論】：

從實驗發現愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。愛玉種子浸泡的液的酸性強弱，是否會影響結凍快慢，有待進一步實驗。

研究1-6、不同種類愛玉出水量比較。

【研究構想】：根據找到的資料，「真愛玉會出水，假愛玉則不會」，我們想確定是否真是這樣？就進行以下實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.野生愛玉子利用自來水搓洗，結成凍過程不產生水，100%為愛玉凍。
- 2.天花湖愛玉子利用逆滲透水、DEEP水搓洗，結成凍過程不產生水，100%為愛玉凍。
- 3.結果如表8、圖21。



【實驗結果與討論】：

從實驗發現愛玉種子製作成凍的過程，隨著使用的水不同，有的會產生水，有的卻不會，有待進一步研究「水質與出水關係」。至於，找到的資料，真假愛玉分辨方法就是「真愛玉會出水，假愛玉則不會」，經由本實驗發現真的愛玉，有的會產生水，有的卻不會（野生愛玉子）。因此，無法以愛玉是否會出水來判斷真假愛玉真假！！

目的二、水質對愛玉結凍影響。

研究2-1不同水質，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們想了解不同水質對愛玉種子結凍的影響，因此，進行「不同水質」對愛玉結凍影響實驗。

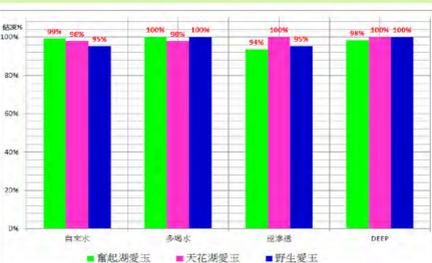
【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.用逆滲透水製作愛玉：所有愛玉種子都結凍，野生愛玉產生較多泡沫，較好擠出愛玉果膠。天花湖愛玉子14分鐘就結凍，奮起湖愛玉種子20分鐘就結凍，而野生愛玉種子則要1小時15分鐘。
- 2.沖繩深海微礦水(DEEP)水：所有愛玉種子都結凍，12分鐘奮起湖愛玉種子就結凍

【實驗結果與討論】：

從實驗發現四種水都可以製成愛玉凍，與報導中逆滲透水無法結成凍不同，有待進一步研究。不同種類愛玉子，以天花湖愛玉子最快結凍，而野生愛玉種子最慢，推測與愛玉種子純度有關。



研究2-1 -1~逆滲透水是否能讓愛玉結凍的真相

【研究構想】：我們想深入了解逆滲透水對愛玉種子結凍的影響，因此，進行到學校隔壁的農業改良場取了最乾淨的水「逆滲透水」、「去離子水」進行實驗實驗。

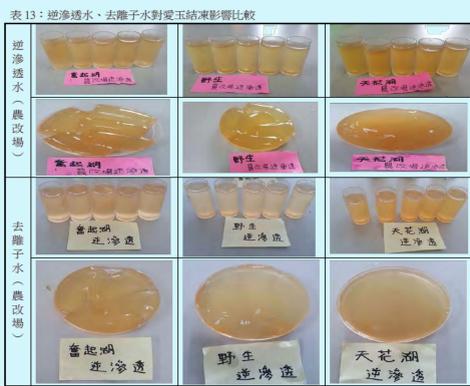
【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.用農場逆滲透水搓洗愛玉，都會結凍。奮起湖愛玉子，8分鐘結凍；天花湖愛玉子，超過2小時結凍；阿里山野生愛玉子，2小時8分鐘結凍。
- 2.用農場去離子水搓洗愛玉，都會結凍。奮起湖愛玉子，16分鐘結凍；天花湖愛玉子，超過2小時結凍；阿里山野生愛玉子，2小時8分鐘結凍。
- 3.結果如表12-13、圖23-24。

【實驗結果與討論】：

從實驗結果發現，「逆滲透水」、「去離子水」都可以結凍，與目前蒐集到的研究結果明顯不同。為了證明我們所實驗結果正確，商請農場也用我們的三種種子試驗，結果與我們實驗結果相符（附錄）。因此，逆滲透水確實可以讓愛玉子結凍，甚至更純的去離子水也可以結凍。此時我們心中湧起問號？影響結凍的因素是什麼？是不是受到研究1-2愛玉種子的碎屑影響？因為從文獻蒐集發現愛玉要結凍必須有離子。如果碎屑含有離子，即使用最純沒有離子的水，只要種子含有碎屑，一定可以讓愛玉結凍。於是我們就像偵探一樣繼續研究下去。



研究2-1 -2 愛玉種子結凍的秘密

【研究構想】：前一個延伸實驗證明最乾淨的水「逆滲透水」、「去離子水」都會使愛玉結凍，我們推測種子中的碎屑含有離子，讓愛玉結凍。因而進行以下實驗。

【研究發現】：

- 1.種子碎屑：天花湖愛玉種子碎屑38分鐘結凍；奮起湖愛玉種子碎屑，超過1小時22分鐘結凍；阿里山野生愛玉子，1小時54分鐘結凍。
- 2.純愛玉種子：奮起湖愛玉種子14分鐘結凍；天花湖愛玉種子27分鐘結凍；阿里山野生愛玉子，1小時45分鐘結凍。
- 3.軟硬度：碎屑結凍後以天花湖較成形，軟硬度為1克；純種子以奮起湖愛玉凍、阿里山野生愛玉較成形，軟硬度為1克。

【實驗結果與討論】：

從實驗顯示，純種子、碎屑確實會影響結凍。由表15結凍情形發現只有天花湖愛玉種子碎屑能結成凍；奮起湖及野生的純種子，能結成凍，天花湖純種子卻無法成形。推測有碎屑可能含有離子，讓愛玉可結成凍。

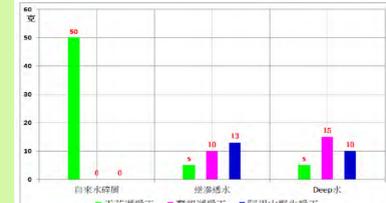
研究2-2、不同水質對愛玉軟硬度影響。

【研究構想】：我們想了解不同水質對愛玉凍軟硬度的影響，因此，進行「不同水質」對愛玉軟硬度影響的實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.自來水製作愛玉，以天花湖愛玉種子產生的愛玉凍最硬。
- 2.逆滲透水製作愛玉，以野生愛玉種子產生的愛玉凍最硬。
- 3.Deep水製作愛玉，以奮起湖愛玉種子產生的愛玉凍最硬。



【實驗結果與討論】：

從實驗發現不同水質對愛玉凍的軟硬度，會有不同影響。天花湖愛玉種子用自來水、野生愛玉種子用逆滲透水、奮起湖愛玉種子用Deep水，產生的愛玉凍較硬。有待更進一步深入研究。



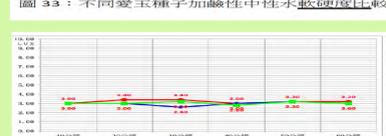
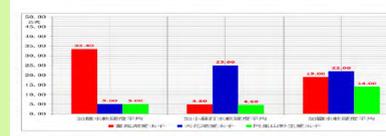
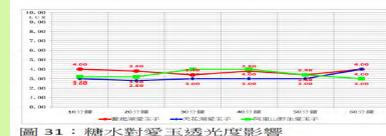
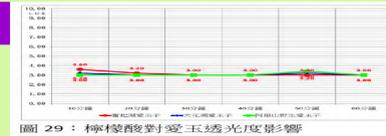
2-3不同酸鹼水溶液，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們常吃的愛玉有的酸的、甜的，心想水的酸性、鹼性、中性，是否影響愛玉結凍，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.加入糖水，所有愛玉子10分鐘都可以結成凍，野生愛玉結凍不產生水。
- 2.加入鹽水，天花湖愛玉子6分鐘可以結成凍，而奮起湖及野生愛玉子1小時才結凍。
- 3.加入小蘇打水，天花湖愛玉子5分鐘可以結成凍，而奮起湖9分鐘及野生愛玉子30分鐘才結凍。
- 4.奮起湖愛玉凍及野生湖愛玉凍，都是在糖水鹽水透光度較大；而天花湖愛玉凍，酸鹼不同水溶液透光度相近。
- 5.加入檸檬水（酸性），所有愛玉子都不能結成凍。
- 6.奮起湖愛玉結凍率，在鹽水小蘇打水最高，在糖水最低（產生很多水）；天花湖愛玉結凍率，在糖水最高，在小蘇打水最低；野生愛玉結凍率，在糖水最高，在小蘇打水最低。



目的三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

研究3-1不同攪拌速度，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們想知道愛玉子在果汁機中攪拌，在轉速1、轉速2、轉速3的轉速下，對愛玉子凝膠有何影響，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.不同轉速下，三種愛玉子的透光度都是轉速越大，透光度越低。
- 2.在轉速3時，三種愛玉子都沒有結凍。
- 3.不同轉速下，三種愛玉子都是轉速2的愛玉凍比轉速1的硬。

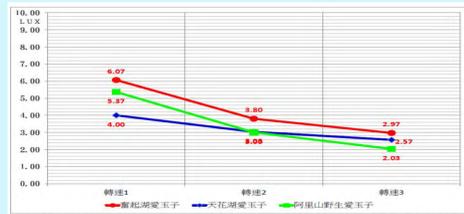


圖 41：不同轉速對愛玉透光度影響比較圖

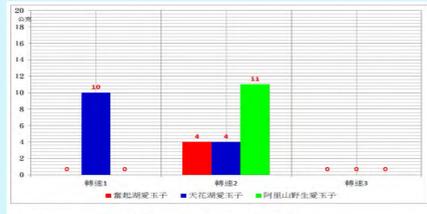


圖 37：不同轉速對愛玉軟硬度影響

研究3-2不同攪拌時間，對愛玉結凍影響？

【研究構想】：我們想知道愛玉子在果汁機中攪拌，在攪拌1分鐘、2分鐘、3分鐘下，對愛玉子凝膠有何影響，就進行以下實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.不同攪拌時間下，三種愛玉子的透光度都是攪拌越久，透光度越低。
- 2.在攪拌3分鐘，三種愛玉子都沒有結凍；攪拌1分鐘的愛玉較硬。
- 3.結果如表31-34、圖42-45。

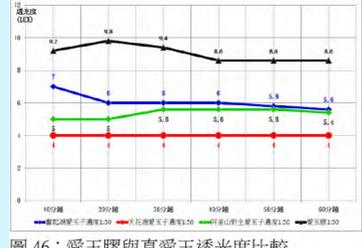
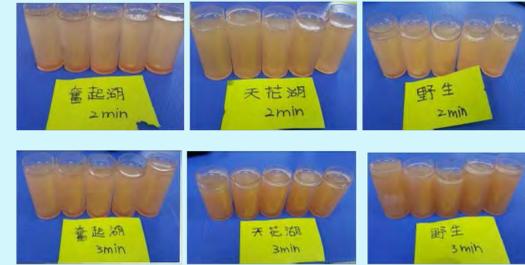


圖 46：愛玉膠與真愛玉透光度比較

目的四、偵探追追追～真假愛玉特性大解碼。

研究4-1利用透光度法，比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市售假愛玉與真愛玉有何不同？首先我們進行透光度的比較實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.以自來水製作三種愛玉子凍透光度，都小於用愛玉膠的假愛玉透光度。
- 2.在不同水質下，製作三種愛玉子凍，他的透光度，同樣都低於用愛玉膠的假愛玉透光度。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現真假愛玉凍，在透光度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，透光度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用透光度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，透光度7以上為假愛玉。

研究4-2利用軟硬度比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市售假愛玉與真愛玉有何不同？我們進行軟硬度的比較實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

三種愛玉種子用逆滲透（軟硬度5~13公克）、DEEP水製作的愛玉凍（軟硬度5~15公克），遠遠小於愛玉膠製作的假愛玉凍（40公克）。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現真假愛玉凍，在軟硬度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，軟硬度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用軟硬度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，軟硬度40公克以上為假愛玉。

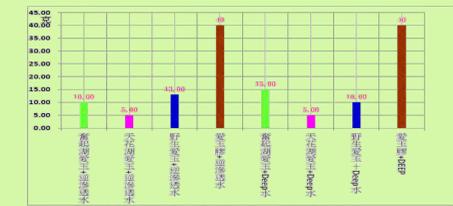
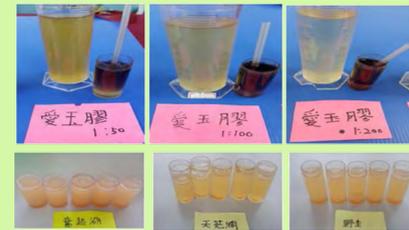


圖 48：不同水質對愛玉膠與真愛玉軟硬度比較



研究4-3利用碘液測定法，比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市售愛玉膠的成分中有修飾澱粉，因此我們想能否利用「碘液」分辨出真假愛玉。就進行了以下「碘液」分辨真假愛玉實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.愛玉膠製作成之愛玉，遇到碘液，都變成藍黑色。
- 2.真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色。

【實驗結果與討論】：

從實驗發現，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色（含澱粉），真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色（不含澱粉）。在分辨真假愛玉時，「碘液」測定法就是一個不錯的方法。



研究4-4利用加熱法，比較真假愛玉差異。

【研究構想】：市根據文獻，真假愛玉加熱後變化不同，以下就進行了以下「加熱」分辨真假愛玉實驗。

【實驗步驟】：詳見說明書

【研究發現】：

- 1.愛玉膠製作成之假愛玉，加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。
- 2.真正用愛玉子製作的愛玉，加熱後、冷卻後都不變。
- 3.市售兩種愛玉凍（維家愛玉、阿里山愛玉）加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

表 32：利用加熱法測試真假愛玉

項目	奮起湖愛玉	天花湖愛玉	野生愛玉	愛玉膠	維家愛玉	阿里山愛玉
加熱後變化	不變	不變	不變	融化成液體	融化成液體	融化成液體
冷卻後變化	不變	不變	不變	凝結成凍	凝結成凍	凝結成凍

柒 討 論

一、愛玉種子凝膠研究。

從研究1-5發現愛玉種子浸泡水後，隨著時間增加，酸性越來越強。野生的愛玉種子浸泡液，酸性最強；天花湖的種子浸泡液，酸性最弱。推測這個結果與研究2-3的發現酸性無法結凍有關。

真的愛玉，到底會不會產生水（出水）？由研究1-6發現真的愛玉，有的會產生水，有的卻不會（野生愛玉子）。因此，無法以愛玉是否會出水來判斷假愛玉真假！！

二、水質對愛玉結凍影響。

由研究2-1不同水質對愛玉結凍影響，研究發現四種水自製愛玉都可以結成凍，結凍率以多喝水、DEEP水，結凍率較高。報導中逆滲透水無法結成凍不同，經實驗確認逆滲透水、去離子水可以結凍。為了找出原因，我們將愛玉子分成純種子、純碎屑，用去離子水進行實驗（表15），結凍情形如右表。

結凍情形	天花湖	奮起湖	野生
純種子	X	V	V
碎屑	V	X	X

X無法成形 V結成凍狀

根據參考資料，要玉子要結成凍，必須有凝膠物質及離子。去離子水，幾乎不會有離子。由研究2-1-2用去離子水及三種愛玉種子（含碎屑），會結凍；但是分開種子、碎屑後，天花湖碎屑會結凍，推測種子碎屑含離子及凝膠物質（研究1-2結論），因此碎屑可以結凍。而奮起湖及野生愛玉種子，可以結凍，依照過濾種子過程，可能的原因，推測種子夾雜了碎屑（沒過濾乾淨）（碎屑含離子及凝膠物質），因而純種子能結凍。至於純碎屑不會結凍，推測奮起湖、野生的碎屑含離子較少，以致於無法結凍。

三、攪拌方式對愛玉結凍影響。

愛玉子攪拌的越用力，結凍是否效果越好呢？由【研究3-1】發現轉速3時，三種愛玉子都沒有結凍。推測是找到的操考資料所說，攪拌太用力，愛玉子內部抑制凝固的果膠酯酶抑制劑物質流出，以致無法製作出愛玉凍。

至於是否攪拌越久越好？由【研究三3-2】不同攪拌時間，對愛玉結凍影響，研究發現攪拌3分鐘，三種愛玉子都沒有結凍；攪拌1分鐘的愛玉較硬。因此，攪拌三分鐘，推測愛玉子內部抑制凝固的果膠酯酶抑制劑物質流出，以致無法製作出愛玉凍。

四、偵探追追追～真假愛玉特性比較。

為了分辨真假愛玉，我們採用四種方法試驗：

以研究4-1透光度比較法，比較真假愛玉差異。研究發現真假愛玉凍，在透光度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，透光度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用透光度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，透光度7以上為假愛玉。

研究4-2軟硬度比較法，研究發現真假愛玉凍，在軟硬度上不同。不管用哪一種水，愛玉膠製作的假愛玉，軟硬度都遠遠大於真正用愛玉子所製作出來的愛玉凍。因此，可以利用軟硬度檢測法，分辨真假愛玉。依實驗結果，軟硬度40公克以上為假愛玉。

研究4-3碘液測定法，比較真假愛玉差異。研究發現愛玉膠製作成之愛玉，遇到碘液，都變成藍黑色。真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色。假愛玉遇到碘液會變成藍黑色（含澱粉），真正用愛玉子製作的愛玉，全部都是黃褐色（不含澱粉）。在分辨真假愛玉時，「碘液」測定法就是一個不錯的方法。

研究4-4加熱測定法，比較真假愛玉差異。研究發現假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍；真正用愛玉子製作的愛玉，加熱形狀不變，冷卻後還是一樣。在分辨真假愛玉時，「加熱」測定法就是一個不錯的方法。

捌 結 論

- 一、愛玉的種子夾雜一些碎屑，碎屑可以結成愛玉凍。
- 二、奮起湖愛玉種子，產生的膠質面積最大，野生的愛玉種子，產生的膠質面積最小。
- 三、熱水讓愛玉凝膠物質產生快，因而熱水結凍較快，冷水較慢。
- 四、愛玉種子浸泡越久，水溶液越酸。
- 五、酸性水溶液無法讓愛玉結凍，鹼性、中性都可以結凍。
- 六、逆滲透水可以讓愛玉子結成凍，推測愛玉碎屑具有離子。
- 七、攪拌太快或太久，愛玉中的抑制物質產生，導致無法結凍。
- 八、真假愛玉分辨：碘液試驗法，假愛玉遇到碘液會變成藍黑色，真愛玉黃褐色；透光度法，假愛玉透光度較大，真愛玉透光度較小；軟硬度法，假愛玉較硬，真愛玉較軟；加熱法，假愛玉加熱後融化成液體，冷卻後又凝結成凍。

玖 未來展望與建議

本研究從食安出發，企圖找分別真假愛玉的最佳方法，並探討簡易檢測「愛玉」的方法～軟硬度、透光度。未來可更進一步探討：

- 一、創意性方面：未來可更進一步將軟硬度檢測器，應用在其他比較軟硬度的研究上。
- 二、應用性方面：本研究經實驗，研發了真假愛玉分辨發法：碘液試驗法、透光度法、軟硬度法，未來可易用在其他食品檢測上。
- 三、未來研究建議：
 - （一）繼續針對不結凍的愛玉，加入糖、鹽、或一些鈣片、鋅片，提一些解決的方法。
 - （二）配合本地特產草莓、紅棗、…等，研發不同口味的愛玉，例如草莓愛玉、紅棗愛玉、…等。