

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

080209

『果』真如此- 果凍塑膠之探討

學校名稱：臺南市新市區新市國民小學

作者： 小五 溫駿威 小五 劉沅丞 小五 陳以臻 小五 楊歆俞	指導老師： 邵裕雯
---	--------------

關鍵詞：生物塑膠、可分解

## 摘要

果凍塑膠是一種可分解、可食用的生物塑膠，我們分析它的成份，找出果凍塑膠固化的條件，用自製測量工具對實作的果凍塑膠進行耐彎折、拉力、密封性與防水檢測，並利用其特質，發揮創意設計產品。經實驗得出：(1)果凍的原料有吉利丁、吉利 T、洋菜粉和寒天粉，這些原料加水混合加熱，經冷卻後，都會固化成形，其中，吉利丁塑料黏度最小，塑形效果最佳。(2)自製原料配比為吉利丁：水：甘油 = 6：60：0(單位 g)的果凍塑膠體積收縮率最小，拉力最大。(3)自製原料配比為吉利丁：水：甘油 = 6：60：4.5(單位 g)的果凍塑膠耐彎折、密封性和防水效果最好。(4)我們利用自製的吉利丁果凍塑膠發揮創意設計保鮮膜、餐具、透明便利貼、吊飾等產品應用在生活中。

## 壹、研究動機

塑膠為人類的生活帶來很大的便利性，但隨著人類的生活方式改變，塑膠使用量持續成長，其中，一次性的塑膠產品例如吸管、購物袋與產品包裝等不被回收的塑膠對自然環境與生態造成的傷害最為嚴重。每當校園宣導、新聞報導或是書籍雜誌上出現塑膠垃圾堆積成山、海洋漂浮的塑膠水母與野生動物們受到塑膠垃圾危害的畫面…等，每一幕都令人感到怵目驚心。此外，我們在五年級上學期的課程中學到了溫室效應的異常加劇，會導致全球暖化，而石化產業的蓬勃發展，大量排放的二氧化碳，讓生態與環境陷入危機。塑膠製品的減量使用是解決問題的根源，而尋找一次性塑膠產品的替代材質，便是當務之急。根據收集的資料得知，洋菜和紙漿可製成吸管及塑膠袋，而洋菜是製作果凍的來源之一，所以我們嘗試用不同的果凍原料來製作不只能被生物分解，還可以食用的果凍塑膠。

## 貳、研究目的

- 一、分析果凍塑膠的成分並製作
- 二、檢測果凍塑膠的性質
- 三、將果凍塑膠應用在生活中

# 參、文獻探討

## 一、資料收集

### (一)塑膠的演化

塑膠的應用最早出現在 3500 年前，墨西哥的奧梅克人使用天然塑膠—橡膠樹的乳汁製作橡皮球，到了 19 世紀與 20 世紀中葉，賽璐路與電木等合成塑膠問世，並被使用長達數十年之久。從分子的結構上看，塑膠是由聚合物組成的，也就是具有彈性的鏈狀化合物，而這種結構讓塑膠在高溫與高壓下能輕易的被塑型。現今的塑膠大多是源自化石燃料人造產品，原油和天然氣是主要原料。(參考自文獻 5)

### (二)生物塑膠

#### 1.生物可分解塑膠

生物可分解塑膠是指可以在自然界可降解的塑膠材質。在足夠的條件下，如濕度、氧氣與適當微生物存在的自然掩埋或堆肥環境中，可被微生物代謝分解產生水和二氧化碳或甲烷，對環境危害較小。生物可分解塑膠主要的材料是澱粉、聚乳酸及纖維蛋白質，製造方式和與一般傳統塑膠相差無異。(參考自文獻 6)

#### 2.生物可分解塑膠袋真的環保嗎？

理論上所有的物質都會隨時間而分解，重點在於花多少時間，傳統塑膠袋要百年，嬰兒紙尿布要五百年。普萊茅斯大學 湯瑪斯教授透過實驗發現，生物可分解塑膠袋就算是埋在土裡，三年仍然不壞。因為其分解的前提是環境中必須要有氧氣、水分以及進行分解的微生物。此外，可分解塑膠袋不能回收，只能送進焚化爐或掩埋場，所以從環保的角度來檢視，可分解的概念讓人質疑。(參考自文獻 7)

#### 3.100%可生物降解的提袋

位於印度的 Envi Green 公司在 2012 年推出可生物降解的提袋，使用馬鈴薯、木薯、玉米等天然澱粉以及植物油、香蕉和花油等 12 種成分製成。外觀與一般塑膠袋相同，可以替代一次性塑膠袋，且可溶於 80°C 的熱水當中，或是直接燃燒也不會造成空氣污染。(參考自文獻 8)

#### 4.以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管

用紙製作吸管主體，浸泡洋菜溶液，冷凍後，溫度降低，溶液分子連接成網狀結構，變成了失去流動性的半固體，也就是凝膠，此特殊構造讓韌性變強，使紙吸管具備防水功能，也增強耐用性。(參考自文獻 3)

#### 5.以回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋

碳酸鈣與玉米澱粉塑膠袋，是由顆粒狀材料與塑膠混合製作，此研究打算以回收紙漿的纖維取代顆粒，而洋菜薄膜取代塑膠薄膜，製作成環保又實用的塑膠袋。(參考自文獻 4)

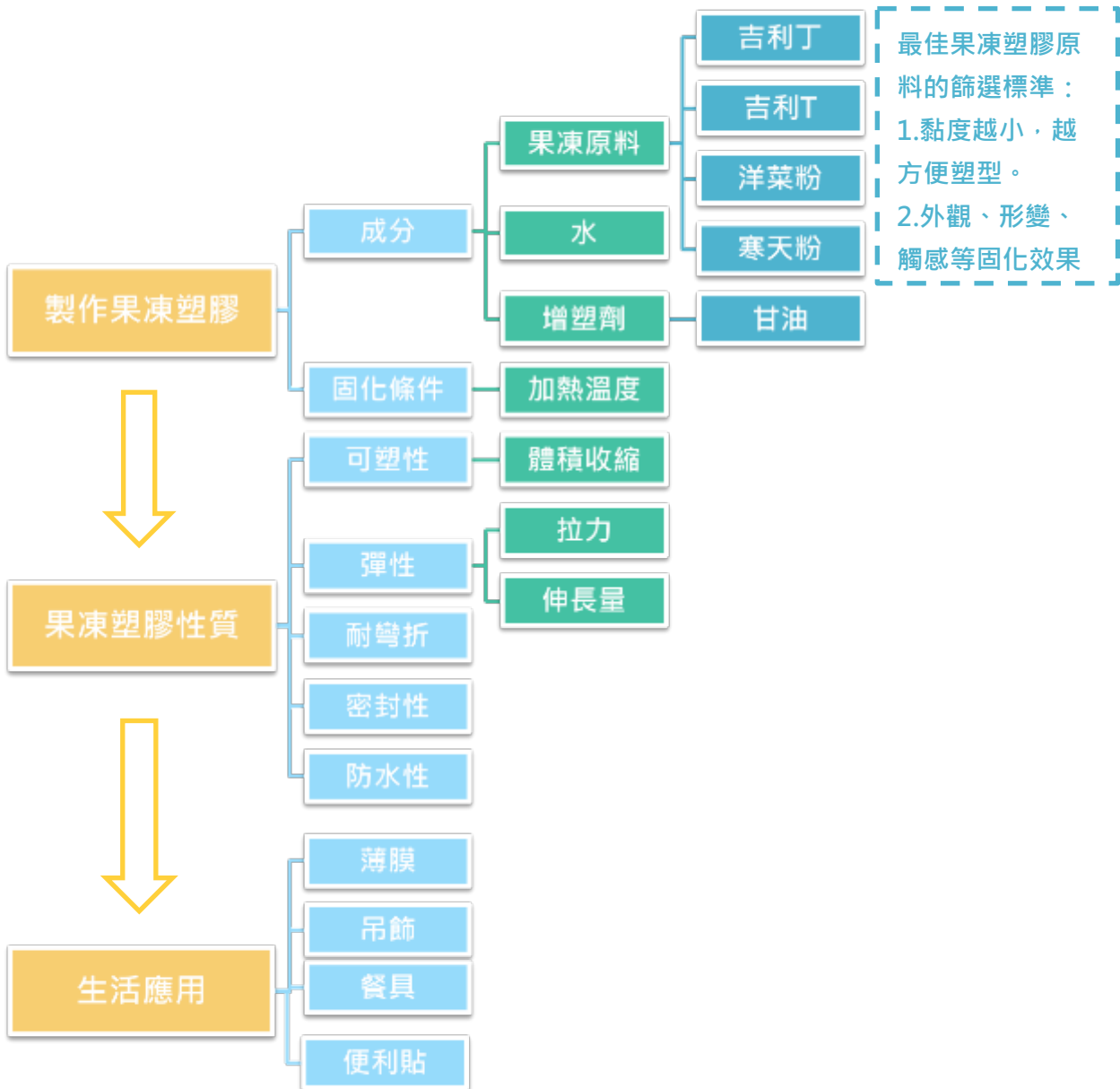
(三)分析果凍塑膠的成分：根據資料我們發現果凍類似凝膠，而果凍的原料有吉利丁、吉利 T、洋菜粉和寒天粉等物質。(參考自文獻 6)

- 1.凝膠：又稱凍膠。溶膠或溶液中的膠體粒子或高分子在一定條件下互相連接，形成網狀空間結構，結構空隙中充滿了作為分散介質的液體（也可以是氣體），這種特殊的分散體系稱作凝膠。不具流動性，內部常含有大量液體。(參考自文獻 7)
- 2.吉利丁 (Gelatin)：從動物（通常為牛、豬或魚）皮或骨頭等結締組織中提煉而來的膠質，亦稱作動物膠、明膠，屬於葷食。
- 3.吉利 T(Jelly T)：主原料為天然植物海藻萃取而成的海藻膠，經過加工、調配比例製成白色的植物性粉末，屬於混合類植物性膠質。
- 4.洋菜粉(Agar)：從海藻石花菜中提煉而出，又稱作植物性吉利丁，分成條狀與粉末狀兩種。洋菜一般多用來製作果凍、咖啡凍甜點，成品的彈性差、Q度低。
- 5.寒天粉：從藻類的細胞壁萃取而出。寒天富含膳食纖維、維生素與礦物質。
- 6.甘油：甘油又稱丙三醇具有吸濕性的無色液體，分子式為  $C_3H_8O_3$ 。甘油可應用於食品添加劑、藥品和個人護理應用、製作塗料…等範圍非常廣泛。

(四)討論：

由參考資料得知，果凍原料與水混合加熱，在溫熱條件下溶液為黏稠流體，當溫度降低時，溶液分子連接成網狀結構，變成失去流動性的半固體，經冷卻後會固化。不同的果凍原料在相同配比下，塑膠成型的狀態會是如何？除了水量會影響果凍塑膠的成型狀態，加熱溫度也會影響果凍塑膠成型的效果嗎？

## 肆、研究架構



## 伍、問題探究

提出要探討的問題	解決問題的實驗名稱
問題 1：果凍塑膠的成分與特性？	收集果凍塑膠的資料，分析果凍的原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)並製成塑膠
問題 2：如何自製果凍塑膠？	實驗 1.探討不同的果凍原料加熱後，黏度對果凍塑膠塑型難易程度的影響
問題 3：加熱溫度會影響果凍塑膠固化的效果嗎？	實驗 2.探討加熱溫度(60°C、70°C、80°C、90°C)對果凍塑膠固化的影響
問題 4：添加甘油會影響果凍塑膠固化後的材質嗎？	實驗 3.探討不同甘油添加量( 0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)果凍塑膠的耐彎折性
問題 5：果凍塑膠固化後體積都變小了？	實驗 4.檢測果凍塑膠的體積收縮率
問題 6：果凍塑膠的彈性如何？	實驗 5.檢測果凍塑膠的拉力與伸長量
問題 7：果凍塑膠的密封效果如何？	實驗 6.檢測果凍塑膠的密封效果
問題 8：果凍塑膠具有防水性嗎？	實驗 7.檢測果凍塑膠的防水性
問題 9：如何發揮創意將果凍塑膠應用在生活中？	實驗 8.利用果凍塑膠的特質設計產品

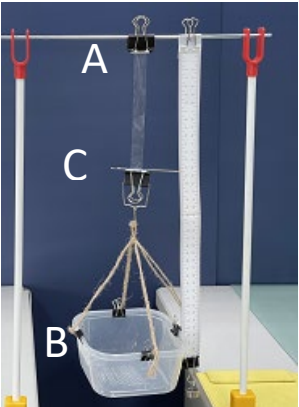
## 陸、研究設備與器材

### 一、設備與器材：

	純水	吉利丁	吉利 T	洋菜粉	寒天粉
相片					
	甘油	熱塑水晶	玻璃管切割器	燒杯、量杯、量筒、培養皿	酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架
相片					
	刮刀、攪拌棒、玻璃棒	螺帽、掛勾、塑膠支架	電子秤	溫度計、游標卡尺、直尺	恆溫加熱器
相片					

### 二、自製設備與工具：

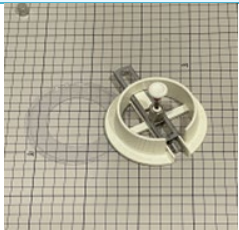
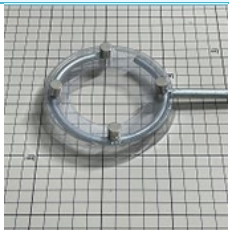


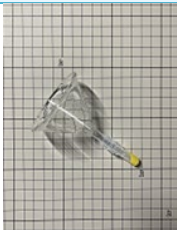
#### (一)拉力與伸長量測量工具

拉力檢測工具照片	說明
	<p>A. 試片兩端分別用雙面膠帶固定在塑膠瓦楞板上(長度各 1 cm)，再夾上長尾夾，以避免操作時，試片滑落。</p> <p>B. 螺帽每個約 35 g，每放入一個螺帽需計時 5 秒後，再放置下一個螺帽，最後統計當試片斷裂時，掛鈎下方的物品總重。</p> <p>C. 利用縫衣針測量試片長度的變化。</p>

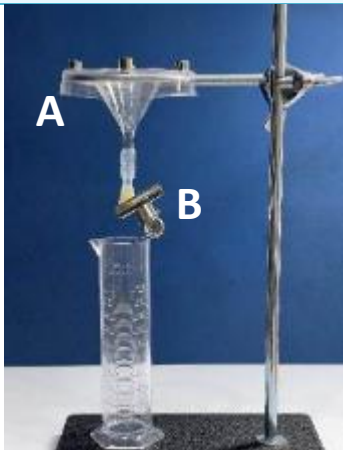


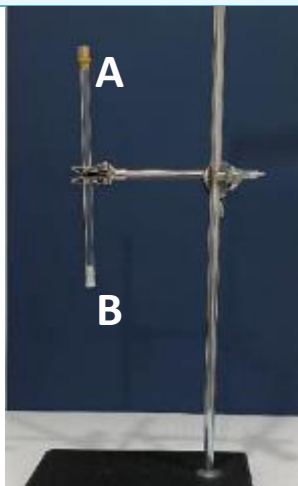
## (二)黏度檢測工具

### 1.漏斗黏度檢測器的製作流程

	漏斗支撐架		黏度計本體		
照片					
說明	割圓器挖洞	用強力磁鐵固定	玻璃管切割	防水膠帶作記號	裝上矽膠管


### 2. 黏度檢測工具

漏斗黏度檢測工具照片	說明
	<p>設計原理： 黏度較高的物質，比較不容易流動；而黏度較低的物質，比較容易流動。</p> <p>操作方法： A.將 40 mL 的塑料倒入直徑 60 mm 玻璃漏斗。 B.利用金屬夾夾住矽膠管(用黃色防水膠帶作記號)，當塑料填充完畢，打開金屬夾並測量漏斗內塑料流光的时间。</p>

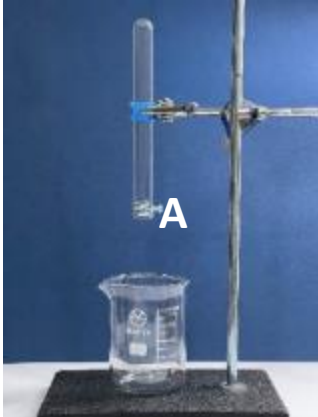
落球黏度檢測工具照片	說明
	<p>設計原理： 由於球會遇到來自樣品的流體阻力，因此球下落的速度因樣品的黏度而異。</p> <p>操作方法： A.用強力磁鐵將磁球固定住，再將塑料倒入容積 8 mL 的玻璃管。 B.移走強力磁鐵，測量磁球掉落到玻璃管底部的時間。</p>



### (三)密封性檢測工具

密封性檢測工具照片	說明
	<ol style="list-style-type: none"><li>1.在直徑 20 mm，長 180 mm 的玻璃試管內倒入 20 g 的熱塑水晶。</li><li>2.將試片包覆在試管口，垂直倒置試管，檢測試片鬆脫掉落的時間。</li></ol>

### (四)防水性檢測工具

防水性檢測工具照片	說明
	<ol style="list-style-type: none"><li>1.在直徑 20 mm，長 180 mm 的玻璃試管內倒入 20 mL 的自來水。</li><li>2.將試片包覆在試管口，利用 A 金屬束環固定試片，垂直倒置後，測量試管口開始漏水的時間。</li></ol>

## 柒、研究過程與方法

### 一、實作果凍塑膠

實驗 1.探討不同的果凍原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)加熱後黏度對果凍塑膠塑型的影響

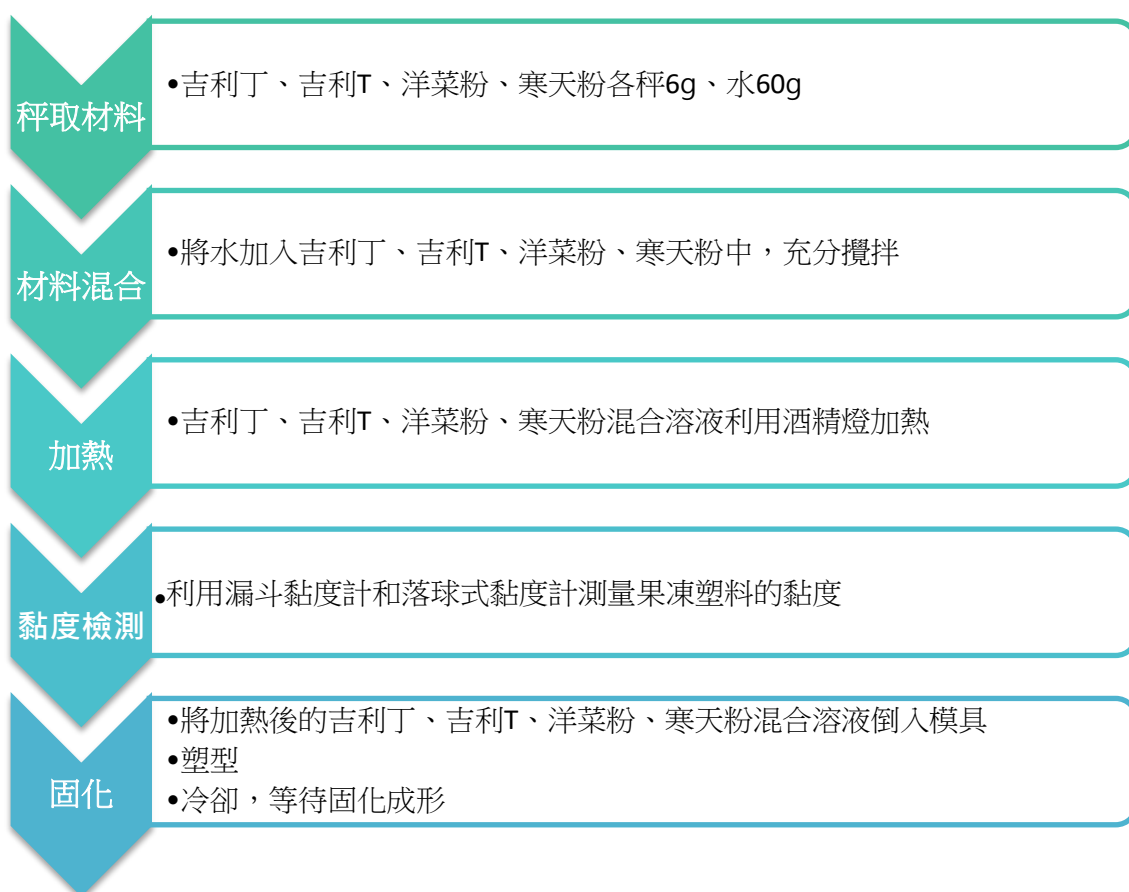
(一) 實驗目的：找出塑型效果最佳的果凍原料

(二) 實驗設備與材料：

- 1.設備：自製黏度檢測器、手機計時器、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、電子秤、量杯、量筒、溫度計、培養皿、玻璃棒、攪拌棒、湯匙、滴管。
- 2.材料：吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉、水。


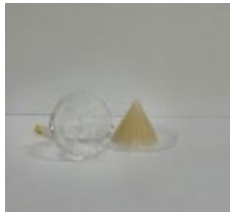
(三) 實驗方法與步驟：

- 1.控制變因：果凍塑膠原料配比(果凍原料：水 = 6：60，單位 g)、塑型模具大小(內部直徑：8.9 cm，厚度：0.25 cm)、放置地點、加熱方式。
- 2.操作變因(又稱操縱變因)：不同的果凍原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)
- 3.實驗步驟：



(四) 實驗結果：如下所示

1. 利用漏斗黏度檢測器測量不同的果凍原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)加熱至 90°C 時的黏度，測量結果如下： (時間單位：分' 秒" 毫秒)

	吉利丁	吉利 T	洋菜粉	寒天粉
漏斗黏度檢測照片				
	塑料流動快速，流光時間 3"08	塑料流動到矽膠管的時間 5'52"41	塑料流到矽膠管的時間 6'01"04	塑料流到矽膠管的時間 4'08"15
說明				
	40 mL 的塑料全部流光	塑料還沒流出矽膠管就凝固了	塑料還沒流出矽膠管就凝固了	塑料還沒流出矽膠管就凝固了

2. 不同果凍原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)加熱至 90°C，固化後的狀態：

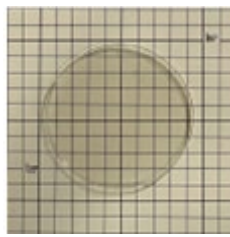

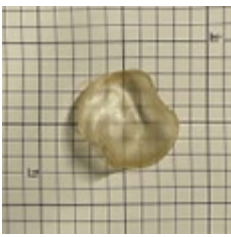
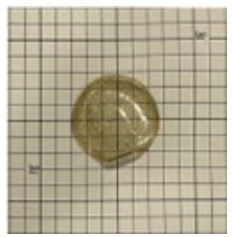
	吉利丁	吉利 T	洋菜粉	寒天粉
塑料固化照片				
說明	1. 透明光滑平整 2. 厚度明顯收縮變薄。	1. 白色表面起皺 2. 直徑和厚度都收縮變小，輕微變形。	1. 霧面有顆粒感 2. 直徑和厚度都收縮變小且翹曲變形	1. 光滑平整 2. 直徑收縮明顯且翹曲變形

表 1 不同加熱溫度對吉利丁塑料黏度的影響

(時間單位：秒"毫秒)

	溫度 60°C	溫度 70°C	溫度 80°C	溫度 90°C
落球式黏度檢測	1"35	1"21	1"28	1"34
	1"36	1"26	1"26	1"49
	1"38	1"27	1"26	1"47
	平均時間 1"36	平均時間 1"25	平均時間 1"27	平均時間 1"43

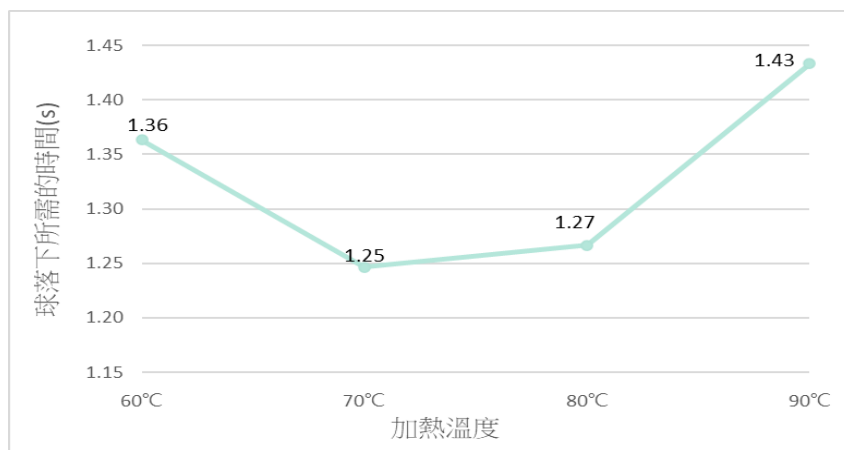


圖 1 加熱溫度對吉利丁塑料黏度的影響



圖 2 測量磁球掉落到玻璃管底部的時間

(五) 分析與討論：

- 1.不同的果凍原料(吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉)加熱至 90°C時，黏度由大到小：洋菜粉黏度>吉利 T 黏度>寒天粉黏度>吉利丁黏度。
- 2.室溫 25°C，四種果凍原料中，漏斗內 40 mL 的塑料，只有吉利丁塑料可以全部流光且僅需 3 秒，表示吉利丁的流動性最大，黏度最小。
- 3.我們發現利用漏斗測量黏度時，塑料與直接與空氣接觸，降溫較快，可能會影響測量結果。於是，我們改用落球式黏度計來進行黏度檢測，實驗結果如表 1 和圖 1 所示，吉利丁塑料加熱至 90°C時，黏度最大。
- 4.吉利丁塑料是四種塑料中流動性最佳，黏度最低，操作上最方便的。此外，它固化後成表面光滑平整，僅厚度明顯變薄，成型效果最佳，因此我們選定吉利丁作為果凍塑膠的原料。

## 二、影響果凍塑膠固化的因素—加熱溫度

### 實驗 2. 探討加熱溫度對果凍塑膠固化的影響

(一) 實驗目的：觀察不同加熱溫度對果凍塑膠固化後的效果是否有影響

(二) 實驗設備與材料：

1. 設備：酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、電子秤、量杯、量筒、溫度計、培養皿、玻璃棒、攪拌棒、湯匙、滴管。

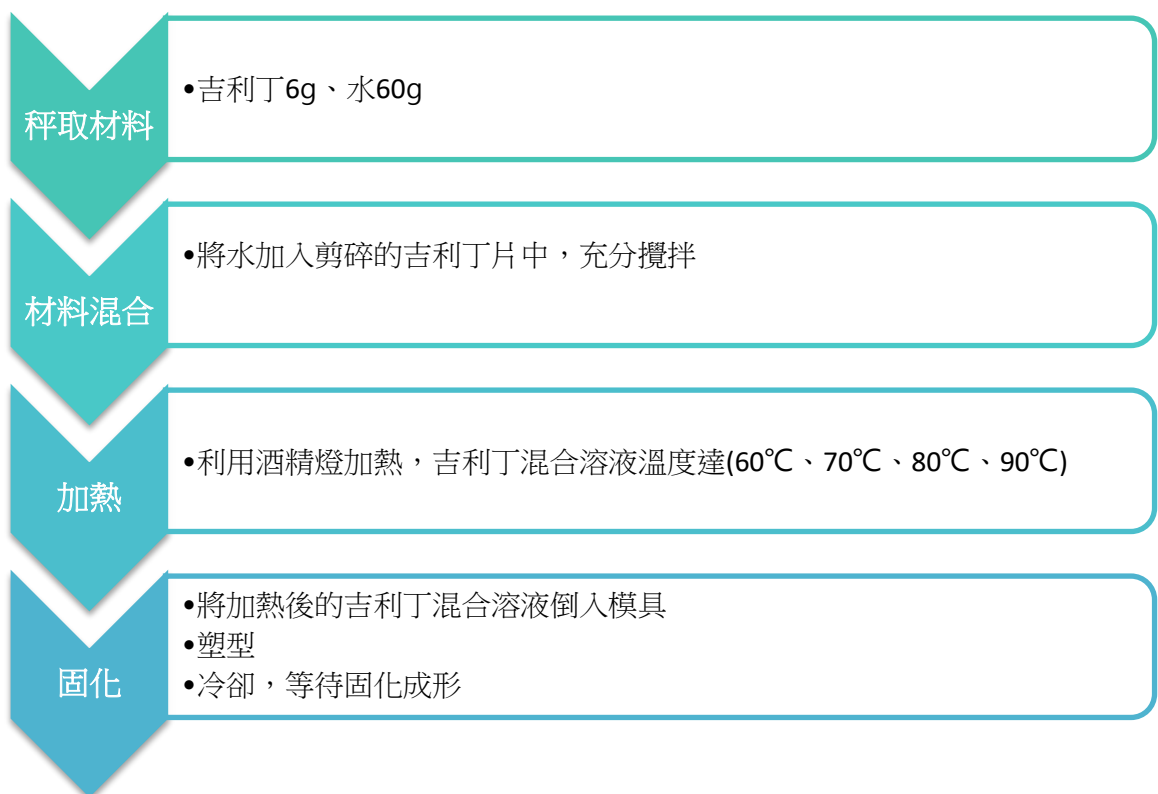
2. 材料：吉利丁、水。

(三) 實驗方法與步驟：

1. 控制變因：果凍塑膠原料配比(吉利丁：水 = 6：60，單位 g)、塑型模具大小、放置地點、加熱方式。

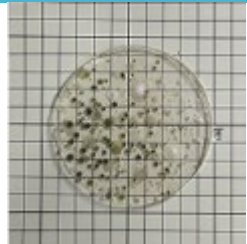
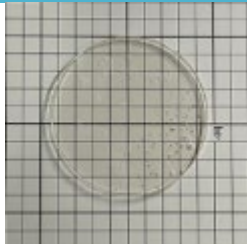

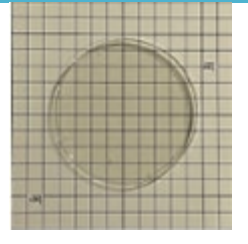
2. 操作變因：加熱溫度(60 °C、70 °C、80 °C、90 °C)

3. 實驗步驟：



(四) 實驗結果：如下所示

1.不同的加熱溫度對吉利丁果凍塑膠固化效果的影響：

	溫度 60°C	溫度 70°C	溫度 80°C	溫度 90°C
固化狀態照片				
說明	1.可以固化 2.發霉嚴重	1.可以固化 2.部分發霉	1.可以固化 2.輕微發霉	1.可以固化 2.沒有發霉

(五) 分析與討論：

加熱溫度為 60°C、70°C、80°C、90°C 的果凍塑膠冷卻後都可以固化成型且厚度明顯變薄，但溫度越高，固化後的果凍塑膠越不容易發霉，在保存上比較容易。

三、影響果凍塑膠固化的因素—甘油添加量

### 實驗 3. 探討不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)對果凍塑膠固化的影響

(一) 實驗目的：利用彎折的方式來檢測不同甘油添加量對果凍塑膠固化的影響

(二) 實驗設備與材料

1.設備：電子秤、量杯、量筒、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、溫度計、玻璃棒、攪拌棒、湯匙、滴管、塑形模具。

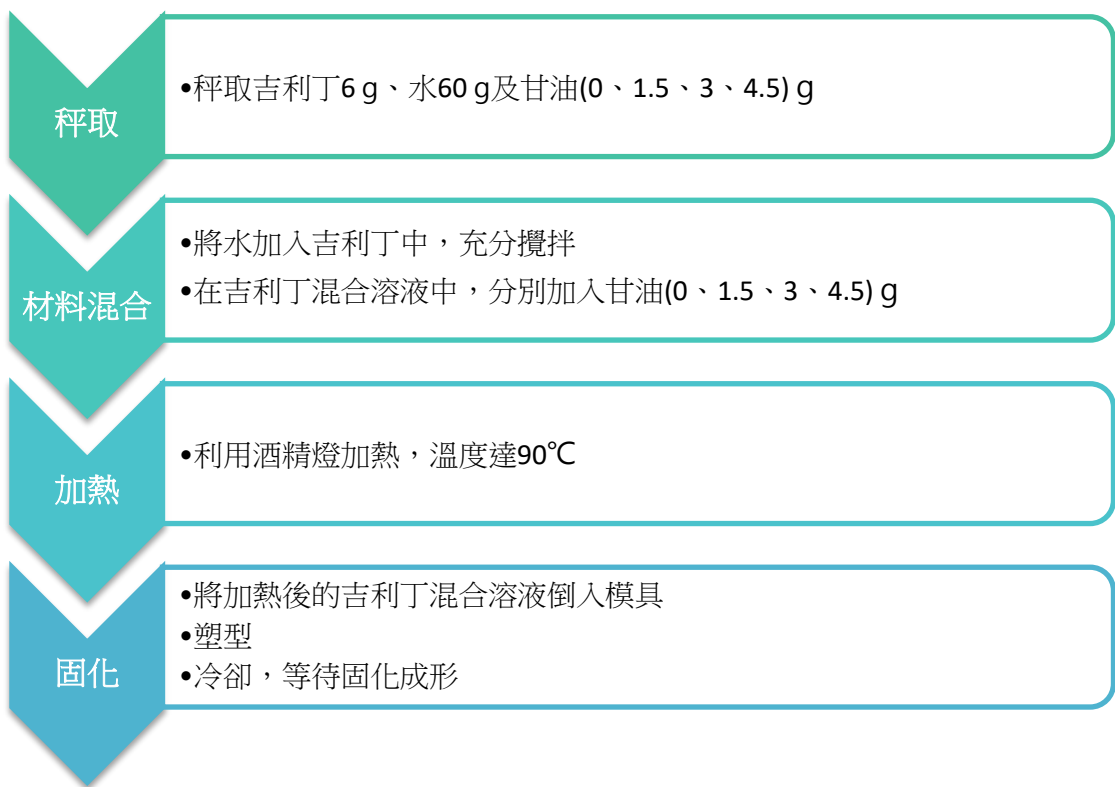
2.材料：吉利丁、水、甘油

(三) 實驗方法與步驟：

1.控制變因：果凍塑膠原料配比、塑形模具大小、放置地點

2.操作變因：甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)

3.實驗步驟：



(四) 實驗結果：用耐彎折性質，檢測材質的軟硬程度，結果如下所示：

1. 甘油添加量 (0 g、1.5 g、3 g、4.5 g) 對果凍塑膠固化後彎折性質的影響

	甘油 0g	甘油 1.5g	甘油 3g	甘油 4.5g
<b>固化狀態照片</b>				
<b>說明</b>	試片光滑平整	外緣有輕微起皺	外緣起皺明顯	試片不平整 易起皺
<b>彎折後照片</b>				
<b>說明</b>	試片可以對摺，摺線變白色且清晰可見，對摺 3 次，圓心出現小洞，攤開後無法恢復原狀。	試片可以對摺，摺線透明，對摺 4 次，圓心沒有破損，攤開後無法平貼桌墊。	試片可以對摺，摺線不明顯，對摺 4 次，圓心沒有破損，可以攤平。	試片可以對摺，摺線最不明顯，對摺 4 次，圓心沒有破損，可攤平且恢復原狀。



(五) 分析與討論：

- 1.沒有添加甘油的果凍塑膠表面最平整，彎折後的摺線最明顯，對摺3次，圓心就出現小洞，表示材質脆硬。
- 2.我們發現，甘油添加量愈多，果凍塑膠的材質會愈柔軟，彎折後的摺線不明顯且攤平後能恢復原狀。

四、果凍塑膠性質檢測—體積收縮率

實驗 4. 檢測不同甘油添加量果凍塑膠的體積收縮率

(一) 實驗目的：果凍塑膠固化後體積明顯變小，所以檢測不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)果凍塑膠的體積收縮率。

(二) 實驗設備與材料

1.設備：游標卡尺

2.材料：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)果凍塑膠

(三) 實驗方法與步驟：

1.控制變因：圓形模具的容積(內部直徑：8.9 cm，厚度：0.25 cm，容積約 14.179 cm<sup>3</sup>)

2.操作變因：固化後的不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)果凍塑膠

3.實驗步驟：用游標卡尺測量果凍塑膠的直徑與厚度並計算其體積收縮率。

(四) 實驗結果：如表 2 所示

表 2 不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)果凍塑膠固化後的體積收縮率

不同甘油量添加果凍塑膠固化後的體積收縮率					
檢測項目		添加甘油 0 g	添加甘油 1.5 g	添加甘油 3 g	添加甘油 4.5 g
直徑 (cm)	試片	8.83	8.80	8.86	8.75
	試片	8.86	8.86	8.80	8.75
	試片	8.85	8.85	8.85	8.65
平均		8.847	8.837	8.837	8.717
厚度 (cm)	試片	0.075	0.030	0.025	0.020
	試片	0.080	0.035	0.030	0.025
	試片	0.085	0.030	0.025	0.025
平均		0.080	0.032	0.027	0.023
體積 (cm <sup>3</sup> )	試片	4.590	1.824	1.541	1.202
	試片	4.930	2.157	1.824	1.494
	試片	5.226	1.844	1.537	1.468
平均		4.915	1.942	1.634	1.388
體積收縮 率 (%)	試片	68	87	89	92
	試片	65	85	87	89
	試片	63	87	89	90
平均		65	86	88	90
說明		體積收縮率 S 由下式表示： $S = \{(D - M)/D\} \times 100\%$ 其中：S-收縮率；D-模具尺寸；M-塑件尺寸。			

(五) 分析與討論：

1. 由表 2 可得知，不同甘油添加量的吉利丁果凍體積收縮率：甘油添加 4.5 g > 甘油添加 3 g > 甘油添加 1.5 g > 甘油添加 0 g。
2. 我們發現甘油添加量對於吉利丁果凍塑膠厚度的影響最大，厚度由大到小：甘油添加 0 g > 甘油添加 1.5 g > 甘油添加 3 g > 甘油添加 4.5 g。

## 五、果凍塑膠性質檢測—抗拉性質

### 實驗 5. 檢測塑膠的拉力與伸長量

(一) 實驗目的：檢測不同甘油量添加果凍塑膠的抗拉性質

(二) 實驗設備與材料

1.設備：螺帽、縫衣針、美工刀、直尺、掛勾、塑膠支架、長尾夾、塑膠容器。


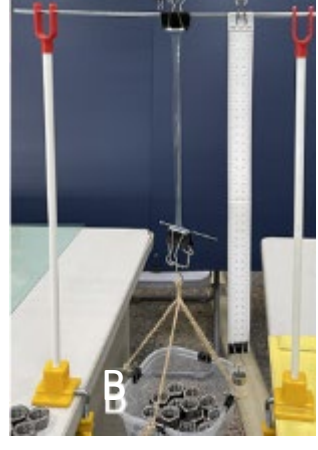
2.材料：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠

(三) 實驗方法與步驟：

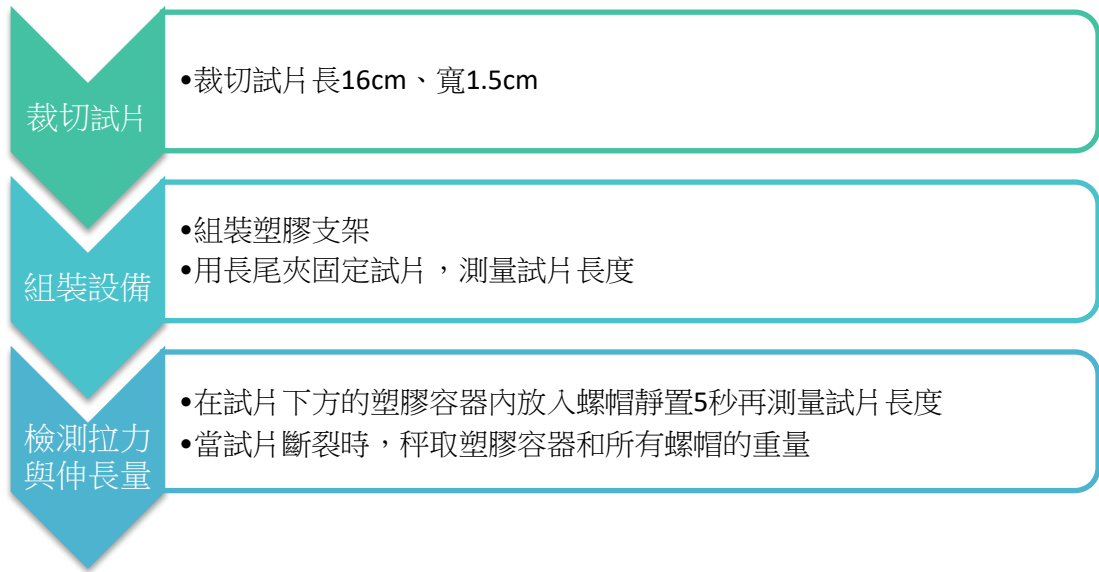
1.控制變因：試片尺寸(長 16 cm，寬 1.5 cm)、螺帽重量(每個 35 g)、掛勾重量(0.3 g)、自製拉力檢測工具(如表 6 所示)

2.操作變因：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠

3.拉力檢測設備與操作說明：

試片檢測前照片	試片檢測中照片	說明
		A.試片固定後，測量試片檢測前的長度。 B.螺帽每個約 35 g，每放置一個螺帽需計時 5 秒並測量長度，重複此步驟直到試片斷裂，秤取下方物品總重量。(塑膠容器重 49.4 g)

#### 4.實驗步驟：



(四)實驗結果：如下所示

表 3 不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的拉力

不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的拉力				
檢測項目	甘油 0g 果凍塑膠	甘油 1.5g 果凍塑膠	甘油 3g 果凍塑膠	甘油 4.5g 果凍塑膠
拉力(gw)	2925.4	1624.3	1308.5	1124.5

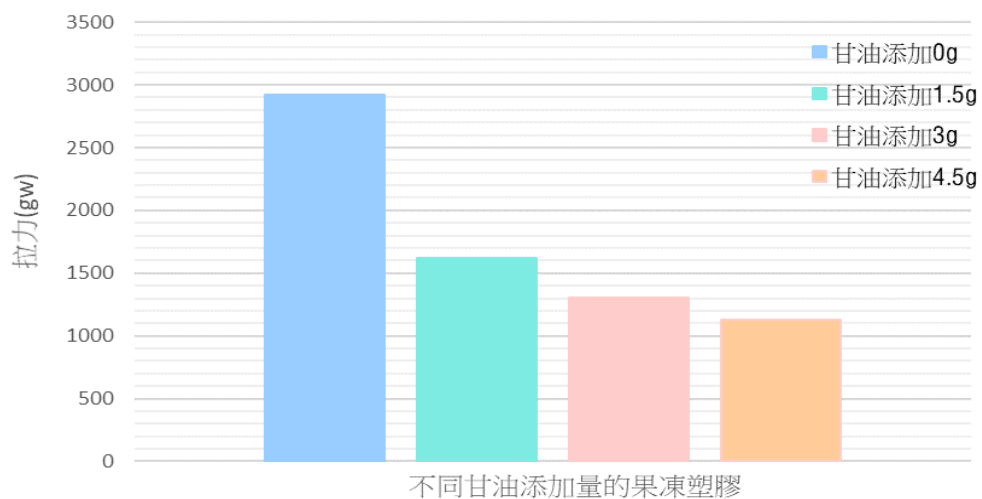


圖 3 甘油添加量對果凍塑膠拉力的影響

表 4-1 不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的伸長量

螺帽數 (個)	甘油 0g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 1.5g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 3g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 4.5g 果凍塑膠 伸長量(cm)
1	0	0.2	0.2	0.2
2	0	0.2	0.3	0.3
3	0	0.2	0.3	0.3
4	0	0.3	0.4	0.4
5	0	0.3	0.4	0.5
6	0	0.3	0.5	0.7
7	0	0.4	0.5	1
8	0	0.4	0.5	1.2
9	0	0.4	0.6	1.5
10	0	0.5	0.6	2.3
11	0	0.5	0.6	3.5
12	0	0.5	0.6	4.2
13	0	0.5	0.7	4.6
14	0	0.5	0.7	6
15	0	0.5	0.7	7.2
16	0	0.5	0.8	8.8
17	0	0.5	0.8	9.2
18	0	0.5	0.8	10.7
19	0	0.5	0.9	10.8
20	0	0.6	1.2	11.4
21	0	0.6	1.5	11.7
22	0	0.6	1.8	12
23	0	0.6	2	12.3
24	0	0.6	2.3	12.7
25	0	0.7	2.5	13.3
26	0	0.7	3	13.7
27	0	0.7	3.5	14.3
28	0	0.8	3.6	14.5
29	0	0.8	4	15
30	0	0.9	4.1	15.5
31	0	1	4.5	斷裂，無法測量
32	0	1	4.8	
33	0	1.1	5	
34	0.2	1.3	5.5	
35	0.2	1.4	5.8	
36	0.3	1.5	斷裂，無法測量	
37	0.3	1.6		
38	0.3	1.7		
39	0.4	1.7		
40	0.4	1.8		

表 4-2 不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的伸長量

螺帽數 (個)	甘油 0g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 1.5g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 3g 果凍塑膠 伸長量(cm)	甘油 4.5g 果凍塑膠 伸長量(cm)
41	0.4	2		
42	0.4	2.1		
43	0.4	2.3		
44	0.4	2.4		
45	0.5	斷裂，無法測量		
46	0.5			
47	0.5			
48	0.5			
49	0.5			
50	0.5			
51	0.5			
52	0.5			
53	0.5			
54	0.6			
55	0.6			
56	0.6			
57	0.6			
58	0.6			
59	0.6			
60	0.6			
61	0.6			
62	0.7			
63	0.7			
64	0.7			
65	0.7			
66	0.7			
67	0.7			
68	0.7			
69	0.7			
70	0.7			
71	0.8			
72	0.8			
73	0.8			
74	0.8			
75	0.8			
76	0.8			
77	0.8			
78	0.8			
79	0.8			
80	0.8			
81	斷裂，無法測量			

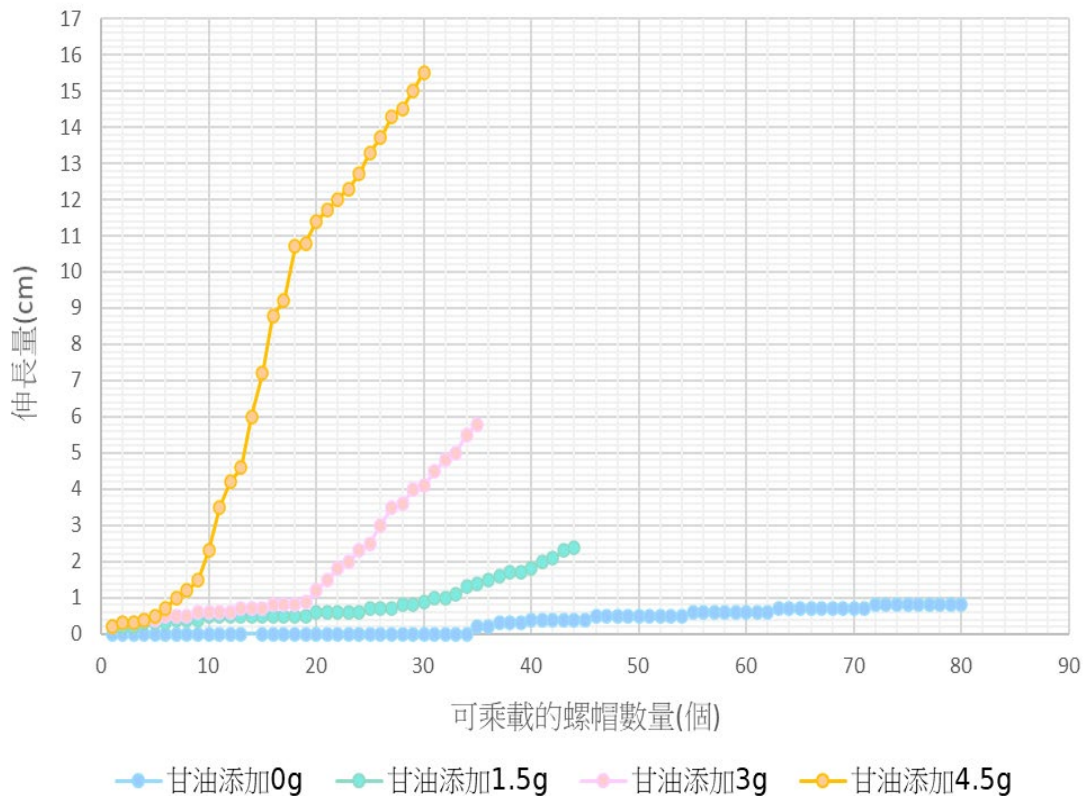


圖 4 甘油添加量對果凍塑膠抗拉性質的影響

(五)分析與討論：

1. 由圖 3 可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的拉力由大到小：甘油 0g -果凍塑膠> 甘油 1.5g -果凍塑膠>甘油 3g -果凍塑膠>甘油 4.5g -果凍塑膠。
2. 由圖 4 可得知，不同甘油添加量果凍塑膠受力後的伸長量由大到小：甘油 4.5g -果凍塑膠>甘油 3g -果凍塑膠>甘油 1.5g -果凍塑膠>甘油 0g -果凍塑膠。
3. 我們發現甘油添加 4.5g -果凍塑膠抗拉性最差且形變量最大。

## 六、果凍塑膠性質檢測—密封性

### 實驗 6. 檢測果凍塑膠的密封效果



(一)實驗目的：檢測不同甘油量添加果凍塑膠的密封效果

(二)實驗設備與材料

1.設備：自製密封檢測工具、燒杯、手機(計時功能)。

2.材料：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠、熱塑水晶重 20 g

(三)實驗方法與步驟


1.控制變因：試片尺寸(長 4cm，寬 4cm)、密封效果檢測工具、熱塑水晶重量

2.操作變因：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠

3.實驗步驟：



4. 果凍塑膠的密封性檢測設備與操作說明：

不同甘油添加量果凍塑膠的密封檢測				
照片與說明		將添加甘油 0 g 的果凍塑膠試片包覆在試管口，試管還沒倒置 90°，熱塑水晶就開始掉落。		添加甘油 1.5、3、4.5 g 的果凍塑膠試片皆能包覆試管口，就算是垂直倒置也能將熱塑水晶密封在試管。

(四)實驗結果：如表 5 所示

表 5 不同甘油添加量果凍塑膠的密封效果

不同甘油添加量果凍塑膠的密封效果				
檢測項目	甘油 0g	甘油 1.5g	甘油 3g	甘油 4.5g
密封時間	0 秒	3 小時 08 分	11 小時 58 分	23 小時 11 分

(五)分析與討論：

- 1.由表 5 可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的密封時間由長到短：甘油 4.5 g-果凍塑膠>甘油 3 g-果凍塑膠>甘油 1.5 g-果凍塑膠>甘油 0 g-果凍塑膠。
- 2.我們發現甘油添加量會影響果凍塑膠的密封性，而且添加量越多，果凍塑膠的密封效果越好。

## 七、果凍塑膠性質檢測—防水性

### 實驗 7. 檢測果凍塑膠的防水性

(一)實驗目的：檢測不同甘油量添加果凍塑膠的防水性

(二)實驗設備與材料

- 1.設備：自製防水檢測工具、燒杯、手機(計時功能)。
- 2.材料：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠、水重 20 g

(三)實驗方法與步驟：

- 1.控制變因：試片尺寸(長 4 cm，寬 4 cm)、防水性檢測工具、水重
- 2.操作變因：不同甘油添加量(0 g、1.5 g、3 g、4.5 g)的果凍塑膠
- 3.實驗步驟：



4. 果凍塑膠的防水性檢測設備與操作說明：

不同甘油添加果凍塑膠的防水檢測				
照片與說明				照片由左至右說明如下： 1. 試管內裝水，用金屬束環固定試片 2. 利用試管夾支撐試管 3. 倒置試管，開始計時

(四)實驗結果：如表 6 所示

表 6 不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的防水性

不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的防水性				
檢測項目	甘油 0g	甘油 1.5g	甘油 3g	甘油 4.5g
防水時間	1 小時 02 分	3 小時 27 分	4 小時 58 分	7 小時 15 分

(五)分析與討論：

- 1.由表 6 可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的防水時間由長到短：甘油 4.5 g-果凍塑膠 > 甘油 3 g -果凍塑膠 > 甘油 1.5 g -果凍塑膠 > 甘油 0 g -果凍塑膠。
- 2.我們發現甘油添加量會影響果凍塑膠的防水性，而且添加量越多，果凍塑膠的防水效果越好。

八、創意果凍塑膠

實驗 8.利用果凍塑膠的光滑平整、密封、防水、可分解且無毒等特質設計產品

(一)實驗目的：利用果凍塑膠的特性設計產品

(二)實驗設備與材料

- 1.設備：酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、電子秤、量杯、量筒、溫度計、玻璃棒、攪拌棒、湯匙、滴管、塑膠刮刀、造型模具、鑰匙圈、尖嘴鉗。
- 2.材料：原料配比如下，吉利丁：水=6：60(單位 g)，依產品需求添加甘油(0~4.5g)或食用色素。

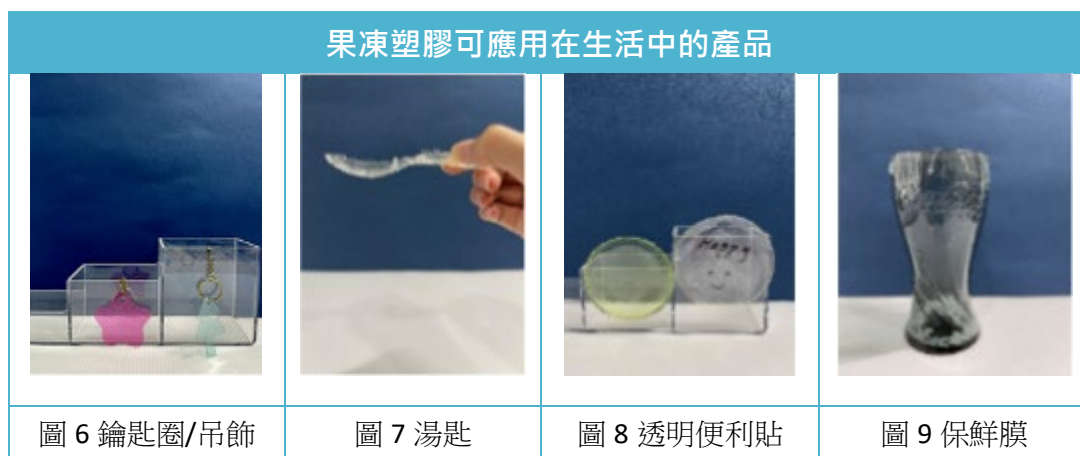
(三)實驗方法與步驟：如圖 5 所示



圖 5 果凍塑膠製作的基本流程

- 1.吊飾與鑰匙圈的製作方法：吉利丁：水：甘油= 6：60：0 (單位 g)，依照圖 4.的方法與步驟，等待固化後，將果凍塑膠裁剪造型，利用尖嘴鉗串在金屬環上。
- 2.餐具的製作方法：原料配比如下，吉利丁：水：甘油= 6：60：0 (單位 g)，依圖 5 的方法與步驟，將塑料倒入湯匙模具，等待固化成形，即可脫模。
- 3.透明便利貼的製作方法：原料配比如下，吉利丁：水：甘油= 6：60：3 (單位 g)，依照圖 5 的方法與步驟，將塑料倒入圓形模具，等待固化成形，即可脫模。
- 4.保鮮膜的製作方法：原料配比如下，吉利丁：水：甘油 = 6：60：4.5(單位 g)依照圖 5 的方法與步驟，將塑料倒入淺盤模具，等待固化成形，即可脫模。

(四)實驗結果：如下列圖(照片)所示



(五)分析與討論：

- 1.果凍塑膠表面光滑平整且可裁剪，發揮創意就能製作屬於自己的吊飾和鑰匙圈。
- 2.我們可以利用可食用的果凍塑膠湯匙取代一次性的餐具，大量減少塑膠垃圾。
- 3.利用薄膜光滑平整且具彈性的性質製成透明便利貼，不但可以用油性奇異筆在上面書寫，而且不需要膠水也能貼附在光滑平整的材質上。
- 4.使用果凍塑膠保鮮膜除了不用擔心塑化劑的問題，在密封和防水上也有不錯的效果。

## 捌、研究結論

- 一、果凍的來源有吉利丁、吉利 T、洋菜粉和寒天粉。我們根據資料發現，除了水量是影響果凍塑膠固化的因素外，黏度會影響塑料塑型的難易程度。在相同原料配比下，吉利丁果凍塑料黏度最小，在塑型的操作上最方便；固化後光滑平整，僅厚度明顯收縮。
- 二、無論加熱溫度 60、70、80、90°C，果凍塑膠都會固化成形，但加熱溫度 60°C 的果凍塑膠會發霉；加熱溫度 90°C 的果凍塑膠不會發霉，保存最容易。
- 三、甘油添加量 0 g 的果凍塑膠固化後，材質較脆硬，平整度最佳；甘油添加量 4.5 g 的果凍塑膠固化後，材質最為柔軟，耐彎折性最佳。
- 四、果凍塑膠在固化成型後，厚度的收縮最明顯。甘油添加量對果凍塑膠固化後體積的影響如下，體積收縮率由大到小：甘油添加 4.5 g (90%) > 甘油添加 3 g (88%) > 甘油添加 1.5 g (86%) > 甘油添加 0 g (65%)。
- 五、根據拉力檢測結果，甘油添加 0 g-果凍塑膠拉力最大，甘油添加 4.5 g-果凍塑膠拉力最小。在彈性方面，甘油添加 4.5 g-果凍塑膠伸長量最大，甘油添加 0 g-果凍塑膠伸長量最小。由此可得知，甘油添加量會影響果凍塑膠的抗拉性與彈性。
- 六、根據實驗，密封時間由長到短：甘油 4.5 g-果凍塑膠>甘油 3 g-果凍塑膠>甘油 1.5 g-果凍塑膠>甘油 0 g-果凍塑膠。這可能是甘油添加 4.5 g-果凍塑膠材質軟 Q，包覆性佳。
- 七、根據防水檢測結果，甘油 4.5 g-果凍塑膠的防水效果最佳，甘油 0 g-果凍塑膠最差。
- 八、綜合以上實驗，加熱溫度達 90°C 時，果凍塑膠原料配比如下，吉利丁：水：甘油 = 6：60：0(單位 g)，冷卻後固化，材質較脆硬、平整且不會發霉，保存最容易。吉利丁：水：甘油 = 6：60：4.5(單位 g)，冷卻後固化，材質軟 Q，密封與防水性最佳。
- 九、在實作的過程當中，我們發現溶液黏度會直接影響操作的便利性與固化狀態，於是設計黏度檢測工具，找出了果凍塑膠的最佳原料。透過彎折檢測，發現甘油添加量會影響果凍塑膠的軟硬，接著利用自製工具檢測拉力、伸長量、密封和防水性等物理性質將其量化。最後運用這些檢測結果，製作了餐具、保鮮膜、鑰匙圈、吊飾和透明便利貼，希望能取代一次性塑膠產品，減少塑膠使用量。

九、可食用果凍製成的塑膠，成分只有吉利丁、水和甘油(可依產品特性添加 0~4.5 g)，我們可以不用擔心動物誤食塑膠死亡或塑化劑造成的人體危害。此外，不需要特定的條件就可分解，不會有塑膠垃圾堆積成山、塑膠水母和微型塑膠…等環境污染的問題，可說是相當環保的塑膠。

## 玖、參考文獻資料

- 一、自然與生活科技五上，翰林出版社，2018。
- 二、自然與生活科技六下，康軒出版社，2018。
- 三、中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書，洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管，2019。
- 四、中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書，渾身解塑-以回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋，2018。
- 五、101 科學教室：關於塑膠的這幾件事，你不能不知道！《國家地理》雜誌 20180601  
<https://www.youtube.com/watch?v=Y5bn03QxYr8>
- 六、維基百科 生物可分解塑膠、吉利丁、吉利 T、洋菜粉、寒天粉、甘油  
<https://zh.wikipedia.org>
- 七、A<sup>+</sup>醫學百科 凝膠  
<http://cht.a-hospital.com/w/%E5%87%9D%E8%83%B6>
- 八、可生物分解塑膠袋特定環境條件下才有效 公視早安新聞 20191007  
<https://www.youtube.com/watch?v=AQqbmTf52TY>
- 九、便宜環保的塑膠袋替代品陸續問世！不只可分解還能喝下肚！20190213  
<https://www.foodnext.net/science/packing/paper/561628586>



## 【評語】 080209

如何減塑是人類很重要的課題，研究可分解、可食用的生物塑膠是個既環保又具未來性的科學研究議題，主題有趣。研究凍塑(吉利丁、洋菜粉、寒天粉)的性質並加入甘油作為增塑劑，從論文寫作到實驗做圖，都有很好的訓練。以下是一些建議：

1. 文獻中可製作果凍塑膠的材料很多，使用層面也很廣，只透過外觀與黏度檢測就選擇吉利丁做主材料，沒有作定性也沒有作定量，而是收集文獻資料而得，似乎欠缺說服力與實際不符。
2. 變因的設計應說明。
3. 自製量測器材是很好的，但應經過認證。
4. 應多做文獻探討，參考資料如取自網站，應標明上網日期。

## 作品簡報



『果』真如此——果凍塑膠之探討

國小組 化學科

# 引言



圖1海龜將塑膠袋當作食物誤食 © Troy Mayne / Oceanic Imagery Publications



圖2一個在土中埋了三年的塑膠購物袋還是能裝一堆食品雜貨。PHOTOGRAPH BY LLOYD RUSSELL, UNIVERSITY OF PLYMOUTH

塑膠為人類的生活帶來很大的便利性，但隨著人類的生活方式改變，塑膠使用量持續成長，其中，一次性的塑膠產品例如吸管、購物袋與產品包裝等不被回收的塑膠對自然環境與生態造成的傷害最為嚴重。此外，石化產業的蓬勃發展，大量排放的二氧化碳，加劇溫室效應，導致全球暖化與氣候異常。

塑膠製品的減量使用是解決問題的根源，而尋找一次性塑膠產品的替代材質也是當務之急。市面上的可分解塑膠必須在足夠的條件下，才可被微生物代謝分解，從環保的角度來檢視，可分解的概念讓人質疑。

根據收集的資料得知，洋菜和紙漿可製成吸管及塑膠袋，而洋菜是製作果凍的來源之一，所以我們嘗試用不同的果凍原料來製作不只能被生物分解，還可以食用的果凍塑膠。

# 方法

## 製作果凍塑膠

### 秤取材料

- 吉利丁、吉利T、洋菜粉、寒天粉各秤6g、水60g

### 材料混合

- 將水加入吉利丁、吉利T、洋菜粉、寒天粉中，充分攪拌

### 加熱

- 將4種混合溶液利用酒精燈加熱60°C、70°C、80°C、90°C

### 黏度檢測

- 利用漏斗黏度計和落球式黏度計測量果凍塑膠的黏度

### 固化

- 將加熱後的4種混合溶液，分別倒入模具，等待冷卻固化

## 檢測果凍塑膠的性質

### 耐彎折

- 將試片對折，檢測對折數次後，試片的外觀變化

### 體積收縮率

- 利用游標卡尺檢測試片的體積變化

### 拉力和伸長量

- 利用自製工具檢測試片的最大承載重量和試片的形變量

### 密封效果

- 試片包覆在試管口，垂直倒置，測量試片掉落的時間

### 防水性

- 用金屬束環將試片固定在試管口，垂直倒置，測量試管內水的外漏時間



# 結果與討論-製作果凍塑膠

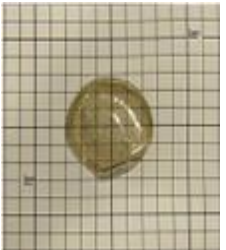
## 實驗1.探討不同的果凍原料(吉利丁、吉利T、洋菜粉、寒天粉)加熱後黏度對果凍塑膠塑型的影響

●漏斗黏度計測量不同的果凍原料加熱至90°C的黏度，結果如下：

	吉利丁	吉利T	洋菜粉	寒天粉
漏斗黏度檢測照片				
	塑料流動快速，流光時間 3"08	塑料流動到矽膠管的時間 5'52"41	塑料流到矽膠管的時間 6'01"04	塑料流到矽膠管的時間 4'08"15
說明				
	40 mL 的塑料全部流光	塑料還沒流出矽膠管就凝固了	塑料還沒流出矽膠管就凝固了	塑料還沒流出矽膠管就凝固了

備註：時間單位為分'秒" 毫秒

●不同果凍原料加熱至90°C，固化後的狀態：

	吉利丁	吉利T	洋菜粉	寒天粉
塑料固化照片				
說明	1. 透明光滑平整 2. 厚度明顯收縮變薄。	1. 白色表面起皺 2. 直徑和厚度都收縮變小，輕微變形。	1. 霧面有顆粒感 2. 直徑和厚度都收縮變小且翹曲變形	1. 光滑平整 2. 直徑收縮明顯且翹曲變形

根據實驗結果，我們發現：

- 不同的果凍原料加熱至90°C時，40mL的吉利丁塑料僅需3 "08全部流光，表示吉利丁塑料流動性最高。
- 吉利丁塑料固化後，表面透明光滑平整，直徑沒有明顯變化，僅厚度明顯變薄，成型效果最佳。

表1不同加熱溫度對吉利丁塑料黏度的影響

(時間單位：秒"毫秒)

	溫度60°C	溫度70°C	溫度80°C	溫度90°C
落球式黏度 檢測	1"35	1"21	1"28	1"34
	1"36	1"26	1"26	1"49
	1"38	1"27	1"26	1"47
	平均時間 1"36	平均時間 1"25	平均時間 1"27	平均時間 1"43

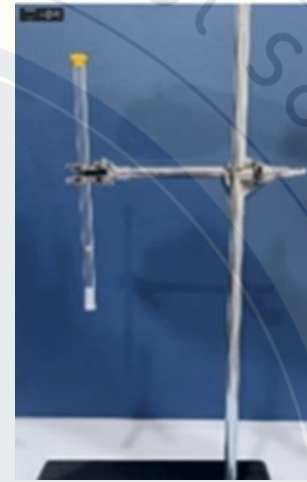


圖4測量磁球掉落到玻璃管底部的時間

- 利用漏斗測量黏度時，漏斗開口大，塑料與空氣直接接觸，降溫較快，可能會影響測量結果。於是，我們改用落球式黏度計(圖4)來檢測不同加熱溫度對吉利丁塑料黏度的影響。

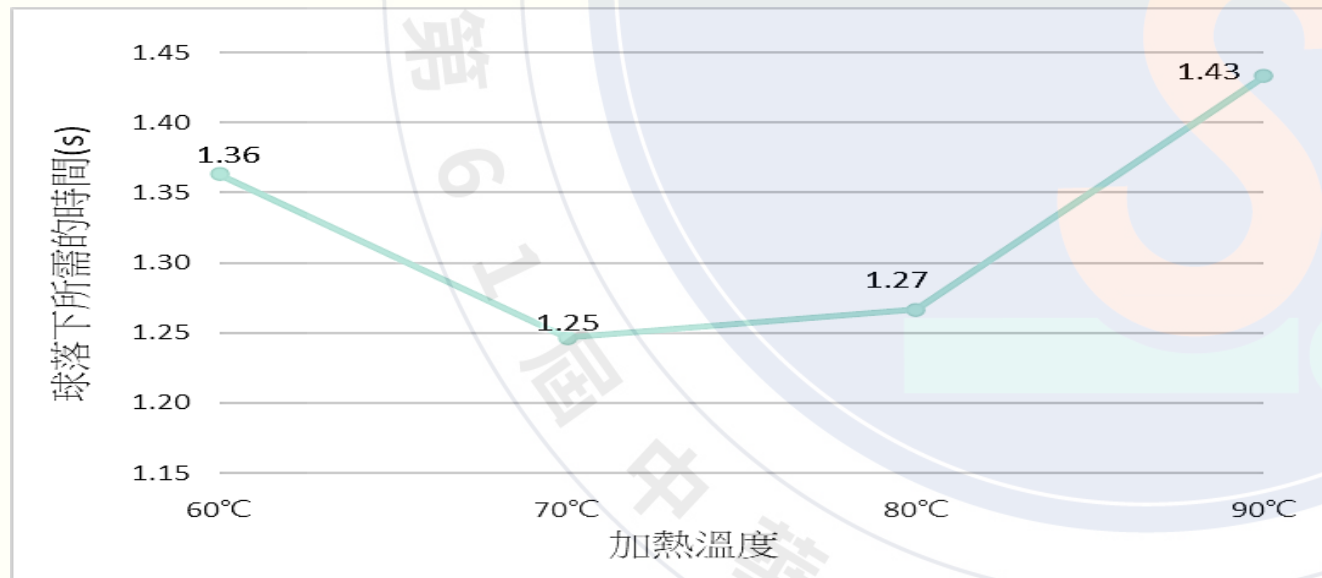


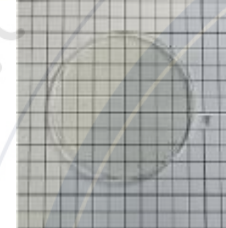



圖3加熱溫度對吉利丁塑料黏度的影響

- 如表1和圖3所示，吉利丁塑料加熱至 90°C 時，磁球掉落到玻璃管底部所花的時間最長，表示受到的液體阻力最大，黏度最大。
- 由實驗1，我們可以得知，吉利丁塑料黏度最低，操作上最方便，冷卻固化後，表面光滑平整，僅厚度明顯變薄，成型效果最佳，因此我們選定吉利丁作為果凍塑膠的原料。

## 實驗2.探討加熱溫度對果凍塑膠固化的影響

- 不同的加熱溫度對吉利丁果凍塑膠固化的效果：

	溫度 60°C	溫度 70°C	溫度 80°C	溫度 90°C
固化狀態照片				
說明	1.可以固化 2.發霉嚴重	1.可以固化 2.部分發霉	1.可以固化 2.輕微發霉	1.可以固化 2.沒有發霉

根據實驗2，我們發現：


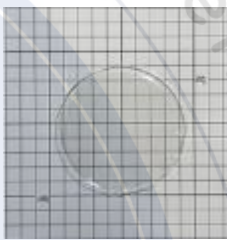
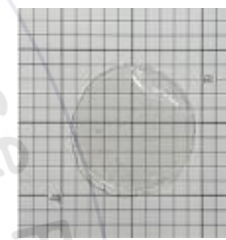
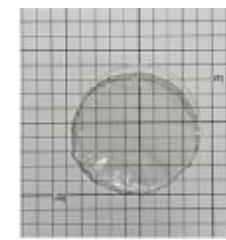
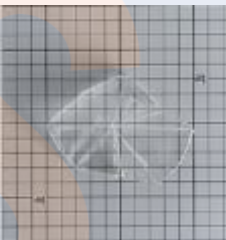



- 加熱溫度為60°C、70°C、80°C、90°C 的果凍塑料冷卻後都可以固化成型且厚度明顯變薄，但溫度越高，固化後的果凍塑膠越不容易發霉，在保存上比較容易。

根據實驗3，我們發現：

- 甘油添加量愈多，果凍塑膠的材質會愈柔軟，彎折後的摺線不明顯且攤平後能恢復原狀。

## 實驗3.探討不同甘油添加量對果凍塑膠固化的影響

- 甘油添加量對果凍塑膠固化狀態與彎折性質的影響

	甘油 0g	甘油 1.5g	甘油 3g	甘油 4.5g
固化狀態照片				
說明	試片光滑平整	外緣輕微起皺	外緣起皺明顯	試片不平整 易起皺
彎折後照片				
說明	試片可對摺，摺線變白色且清晰可見，對摺3次，圓心出現小洞，攤開後無法恢復原狀。	試片可對摺，摺線透明，對摺4次，圓心沒有破損，攤開後無法平貼桌墊。	試片可對摺，摺線不明顯，對摺4次，圓心沒有破損，可以攤平。	試片可對摺，摺線最不明顯，對摺4次，圓心沒有破損，可攤平且恢復原狀。



# 結果與討論-果凍塑膠性質檢測

## 實驗4.檢測不同甘油添加量果凍塑膠的體積收縮率

表2不同甘油添加量果凍塑膠固化後的體積收縮率

檢測項目		甘油0 g 果凍塑膠	甘油1.5 g 果凍塑膠	甘油3 g 果凍塑膠	甘油4.5 g 果凍塑膠
直徑 (cm)	試片1	8.83	8.80	8.86	8.75
	試片2	8.86	8.86	8.80	8.75
	試片3	8.85	8.85	8.85	8.65
平均		8.847	8.837	8.837	8.717
厚度 (cm)	試片1	0.075	0.030	0.025	0.020
	試片2	0.080	0.035	0.030	0.025
	試片3	0.085	0.030	0.025	0.025
平均		0.080	0.032	0.027	0.023
體積 (cm <sup>3</sup> )	試片1	4.590	1.824	1.541	1.202
	試片2	4.930	2.157	1.824	1.494
	試片3	5.226	1.844	1.537	1.468
平均		4.915	1.942	1.634	1.388
體積收 縮率 (%)	試片1	68	87	89	92
	試片2	65	85	87	89
	試片3	63	87	89	90
平均		65	86	88	90
說明		體積收縮率S由下式表示： $S = \{(D - M)/D\} \times 100\%$ 其中：S-收縮率；D-模具尺寸；M-塑件尺寸。			

由表2，我們發現：

- 不同甘油添加量吉利丁果凍的體積收縮率由大到小：甘油4.5 g > 甘油3 g > 甘油1.5 g > 甘油0 g。
- 甘油添加量對於吉利丁果凍塑膠固化後直徑的影響不明顯，但對厚度的影響最大，厚度由大到小：甘油0 g > 甘油1.5 g > 甘油3 g > 甘油4.5 g。

# 結果與討論-果凍塑膠性質檢測

## 實驗5. 檢測塑膠的拉力與伸長量

表3不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的拉力

不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的拉力				
檢測項目	甘油0 g 果凍塑膠	甘油1.5 g 果凍塑膠	甘油3 g 果凍塑膠	甘油4.5 g 果凍塑膠
拉力(gw)	2925.4	1624.3	1308.5	1124.5



圖5自製拉力與伸長量檢測工具

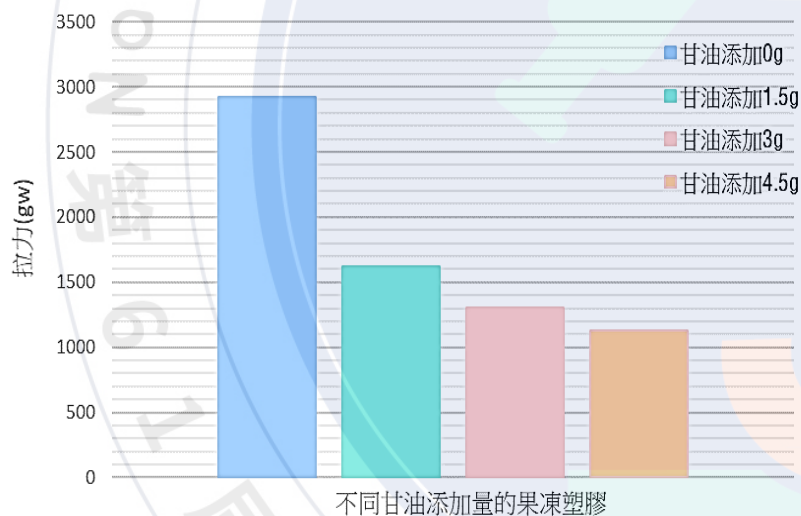


圖6甘油添加量對果凍塑膠拉力的影響

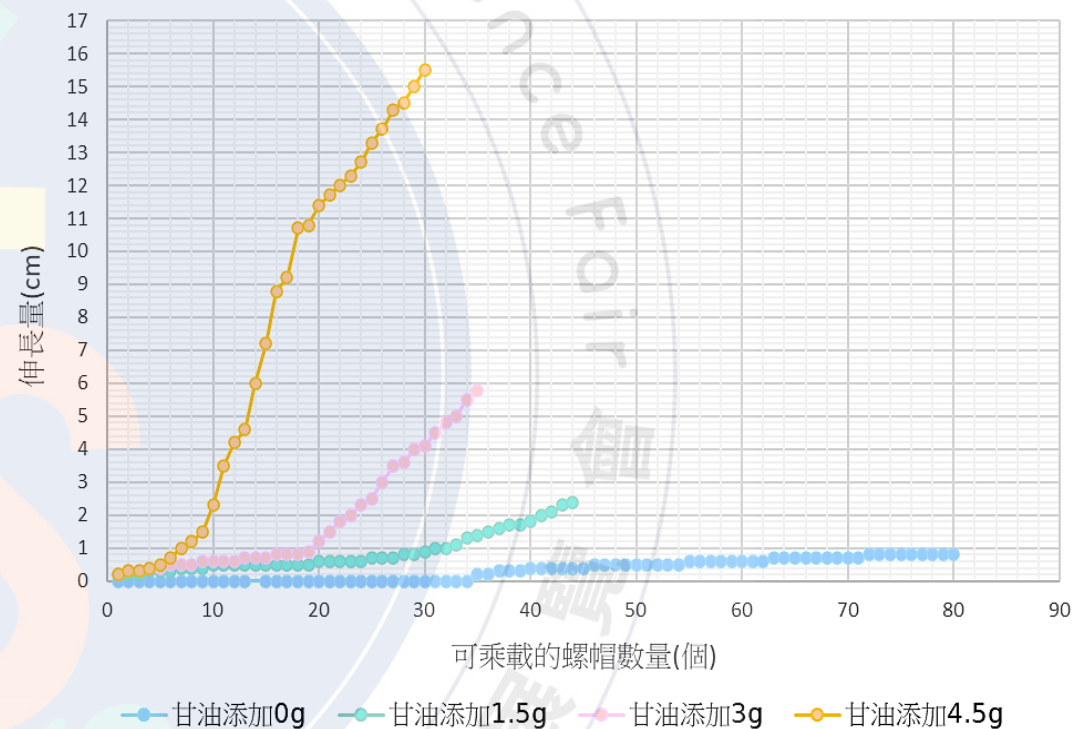


圖7甘油添加量對果凍塑膠抗拉性質的影響

- 由圖6可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的拉力由大到小：甘油0 g > 甘油1.5 g > 甘油3 g > 甘油4.5 g。

- 由圖7可得知，不同甘油添加量果凍塑膠受力後的伸長量由大到小：甘油4.5 g > 甘油3 g > 甘油1.5 g > 甘油0 g。

# 結果與討論-果凍塑膠性質檢測

## 實驗6. 檢測果凍塑膠的密封效果

表5不同甘油添加量果凍塑膠的密封效果

不同甘油添加量果凍塑膠的密封效果				
檢測項目	甘油0 g 果凍塑膠	甘油1.5 g 果凍塑膠	甘油3 g 果凍塑膠	甘油4.5 g 果凍塑膠
密封時間	0秒	3小時08分	11小時58分	23小時11分



圖8無添加甘油果凍塑膠的密封性



圖9有添加甘油果凍塑膠的密封性

- 無添加甘油的果凍塑膠試片包覆在試管口，試管還沒垂直倒置，熱塑水晶就開始掉落。
- 有添加甘油的果凍塑膠試片包覆試管口，垂直倒置，20 g的熱塑水晶被密封在試管。

- 由表5可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的密封時間由長到短：甘油4.5 g > 甘油3 g > 甘油1.5 g > 甘油0 g。
- 我們發現甘油添加量會影響果凍塑膠的密封性，而且添加量越多，果凍塑膠的密封效果越好。

## 實驗7. 檢測果凍塑膠的防水性

表6不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的防水性

不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的防水性				
檢測項目	甘油0 g 果凍塑膠	甘油1.5 g 果凍塑膠	甘油3 g 果凍塑膠	甘油4.5 g 果凍塑膠
防水時間	1小時02分	3小時27分	4小時58分	7小時15分

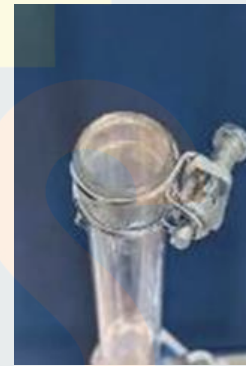


圖10用金屬束環固定試片



圖11試管倒置，測量開始漏水的時間

- 根據實驗6，我們發現無添加甘油的果凍塑膠不具密封性。所以，防水檢測時，我們先在試管內裝水20 mL，再用金屬束環固定試片於試管口，再進行檢測。

- 由表6可得知，不同甘油添加量果凍塑膠的防水時間由長到短：甘油4.5 g > 甘油3 g > 甘油1.5 g > 甘油0 g。
- 我們發現甘油添加量會影響果凍塑膠的防水性，而且添加量越多，果凍塑膠的防水效果越好。



# 應用

## 實驗8.利用果凍塑膠的特質設計產品



準備材料與設備  
(可添加甘油)



加熱至90°C  
(可加色素染色)



倒入模具塑型  
(自製湯匙模具、方  
形淺盤、圓形)

圖12果凍塑膠製作的基本流程

不同甘油添加量吉利丁果凍塑膠的生活應用				
產品名稱	原料配比(單位g) 吉利丁：水：甘油	製作方法	特性與應用	照片
吊飾/ 鑰匙圈	6：60：0	依照圖12的製程，等待固化後，將果凍塑膠裁剪造型，利用尖嘴鉗串在金屬環上。	果凍塑膠表面光滑平整且可裁剪，發揮創意就能製作屬於自己的吊飾和鑰匙圈。	
環保餐具	6：60：0	依照圖12的製程，將塑料倒入湯匙模具，等待固化成形，即可脫模。	我們可以利用可食用的果凍塑膠湯匙取代一次性的餐具，大量減少塑膠垃圾。	
透明 便利貼	6：60：3	依照圖12的製程，將塑料倒入圓形模具，等待固化成形，即可脫模。	利用薄膜光滑平整且具彈性的性質製成透明便利貼，可以用油性奇異筆在上面書寫，且不需要膠水也能貼附在光滑平整的材質上。	
保鮮膜	6：60：4.5	依照圖12的製程，將塑料倒入淺盤模具，等待固化成形，即可脫模。	使用果凍塑膠保鮮膜除了不用擔心塑化劑的問題，在密封和防水上也有不錯的效果。	

# 結論

- 果凍的來源有吉利丁、吉利T、洋菜粉和寒天粉。我們根據資料發現，除了水量是影響果凍塑膠固化的因素外，黏度會影響塑料塑型的難易程度。在相同原料配比下，吉利丁果凍塑料黏度最小，在塑型的操作上最方便；固化後光滑平整，僅厚度明顯收縮。
- 無論加熱溫度60、70、80、90°C，果凍塑膠都會固化成形，但加熱溫度90°C的果凍塑膠不會發霉，保存最容易。
- 甘油添加量0 g的果凍塑膠固化後，材質較脆硬，平整度最佳；甘油添加量4.5 g的果凍塑膠固化後，材質最為柔軟，耐彎折性最佳。
- 果凍塑膠在固化成型後，厚度的收縮最明顯。甘油添加量對果凍塑膠固化後體積的影響如下，體積收縮率由大到小：甘油添加4.5 g(90%) > 甘油添加3 g (88%) > 甘油添加1.5 g (86%) > 甘油添加0 g (65%)。
- 根據拉力檢測結果，甘油添加0 g-果凍塑膠拉力最大，甘油添加4.5 g-果凍塑膠拉力最小。在彈性方面，甘油添加4.5 g-果凍塑膠伸長量最大，甘油添加0 g-果凍塑膠伸長量最小。
- 根據實驗，密封時間由長到短：甘油4.5 g-果凍塑膠 > 甘油3 g-果凍塑膠 > 甘油1.5 g-果凍塑膠 > 甘油0 g-果凍塑膠。這可能是甘油添加4.5 g-果凍塑膠材質軟Q，包覆性佳。
- 根據防水檢測結果，甘油4.5 g-果凍塑膠的防水效果最佳，甘油0 g-果凍塑膠最差。
- 綜合以上實驗，加熱溫度達90°C時，果凍塑膠原料配比如下，吉利丁：水：甘油 = 6：60：0(單位g)，冷卻後固化，材質較脆硬、平整且不會發霉，保存最容易。吉利丁：水：甘油 = 6：60：4.5(單位g)，冷卻後固化，材質軟Q，密封與防水性最佳。

- 在實作的過程當中，我們發現溶液黏度會直接影響操作的便利性與固化狀態，於是設計黏度檢測工具，找出了果凍塑膠的最佳原料。透過彎折檢測，發現甘油添加量會影響果凍塑膠的軟硬，接著利用自製工具檢測拉力、伸長量、密封和防水性等物理性質將其量化。最後運用這些檢測結果，製作了餐具、保鮮膜、鑰匙圈、吊飾和透明便利貼，希望能取代一次性塑膠產品，減少塑膠使用量。
- 可食用果凍製成的塑膠，成分只有吉利丁、水和甘油(可依產品特性添加0~4.5 g)，我們可以不用擔心動物誤食塑膠死亡或塑化劑造成的人體危害。此外，不需要特定的條件就可分解，不會有塑膠垃圾堆積成山、塑膠水母和微型塑膠...等環境汙染的問題，可說是相當環保的塑膠。

## 參考文獻

- 自然與生活科技五上，翰林出版社，2018。
- 中華民國第59屆中小學科學展覽會作品說明書，洋洋得益--以洋菜冷凍鍍膜製作防水紙吸管，2019。
- 中華民國第58屆中小學科學展覽會作品說明書，渾身解塑-以回收紙漿和洋菜製作可分解垃圾袋，2018。
- 101科學教室：關於塑膠的這幾件事，你不能不知道！《國家地理》雜誌20180601  
<https://www.youtube.com/watch?v=Y5bn03QxYr8>
- 維基百科 生物可分解塑膠、吉利丁、吉利T、洋菜粉、寒天粉、甘油  
<https://zh.wikipedia.org>
- 可生物分解塑膠袋特定環境條件下才有效 公視早安新聞20191007  
<https://www.youtube.com/watch?v=AQqbmTf52TY>
- 便宜環保的塑膠袋替代品陸續問世！不只可分解還能喝下肚！20190213  
<https://www.foodnext.net/science/packing/paper/561628586>