

仙草是臺灣傳統市場中常見的美食，炎炎夏日時常常能看見烏黑發亮的仙草凍與仙草冰，入口即化又滑順的口感總能沁涼一夏；而寒冷的冬天只要一碗熱騰騰的燒仙草便能溫暖身心。而我特別喜歡將仙草凍加入鮮奶茶搭配，無疑仙草在傳統美食中一年四季都是美味的甜品，因此本次實驗的目的即是自己製作出成本既低，又如同市售般滑嫩的仙草凍。



圖：夜市販售的仙草凍

製作仙草凍的材料會需要：

仙草原汁、凝結粉、水、(砂糖)

其中仙草原汁可以購買市售的，也能購買仙草乾自行熬煮：

1. 仙草乾包泡入3.5公升的水
2. 放入電鍋煮1~2小時
- 可以加入碳酸鈉或碳酸氫鈉來提升熬煮時間

仙草之所以能夠形成凍在於其內具涼粉草多糖等多醣的膠質，遇鹼即能容易萃取出，加入含澱粉長鏈分子的凝結粉即能產生鍵結，形成三度的網狀結構。理論上凝結粉所含澱粉長鏈分子比例越高，則仙草凍凝膠效果越佳。

製作仙草凍的步驟：

1. 取定量仙草原汁，將其放入鍋中加熱
2. 將凝結粉依比例溶入少許水中
3. 待仙草汁沸騰後，加入凝結劑
4. 攪拌約2分鐘後倒入容器中
5. 靜置數小時，放入冰箱冷藏 (冷藏與否不影響仙草凝結)

實際開始製作時我準備了地瓜粉(以下皆為樹薯粉的指稱)、太白粉(馬鈴薯粉)、洋菜粉、吉利T(鹿角菜膠與刺槐糖膠之混合物), 由於比例眾說紛紜, 我決定以科展:[怦然心「凍」-仙草凍Q度的探討](#) 的比例(20:200、30:200、40:200)進行開始, 而第一次進行實驗時選擇仙草乾進行熬製。



圖左:製作仙草凍加入凝結粉

圖右:洋菜粉的比例過高, 整顆看起來硬梆梆

在初次的實驗結果中無論是哪一種粉都完全沒有仙草凍的感覺:地瓜粉與太白粉因添加過多而使仙草產生黏膩感, 沒有溶解的粉也結成白色硬塊;而洋菜粉和吉利T則因粉量過多而使凍體過硬, 洋菜粉甚至出現水分完全乾裂、果凍需用湯匙撬開的誇張情況。於是在之後進行了數次的調整比例實驗, 而其中以下是幾次實驗的重要發現:

實驗一 (2/9) 發現吉利T 300:5 (約是原實驗的200:3)比例能夠形成稍硬的凍, 也發現不加糖的原味仙草有特別重的草味。

實驗二 (2/16) 改用市售仙草原汁, 發現吉利T最佳比例(200:1.5)。特別的是, 地瓜粉與洋菜粉的混合 (200 : 4 + 1.5)產生了如海綿般綿密的口感。

實驗三(2/17):加入砂糖製作, 味道已接近市售仙草凍。

實驗四(2/22):發現洋菜粉最佳比例(200 : 0.5~1)

實驗六(2/28): 多加入約400g的水進行稀釋, 再利用科展比例重做一次, 結果與第一次實驗相近。

實驗八(3/2): 製作吉利T 1.5g 100g水+100g原汁, 硬度適中

實驗九(3/8): 製作洋菜粉 1.5g 100g水+100g原汁, 硬度適中。

在這幾次的實驗中皆有使用地瓜粉與太白粉進行製作, 發現在比例12:200以下只有成凍的雛形, 而以上則因粉量太多出現白色塊狀物。因此我認為單獨以地瓜粉和太白粉無法製作仙草凍。

實驗比例總整理(200g原汁, *為再加熱, 紅字表最佳比例, 藍字其次):

1. 地瓜粉:
1.5、***4.2**、7、8、***10**、***12**、12、15、16.6、18、20、30、40
2. 太白粉: 7、***12**、15、18、20、30、40
3. 洋菜粉: **0.5**、**1**、20、30、40
4. 吉利T: 1、***1.5**、**1.5**、**3**、20、30、40
5. 地瓜粉+洋菜粉 **4 + 1.5**
6. 加水:(粉+水)
 - a. 地瓜粉 13.3 + 426.6
 - b. 地瓜粉 100g汁, 3+250
 - c. 地瓜粉 100g汁, 6+250
 - d. 太白粉 13.3 + 426.6
 - e. 洋菜粉 13.3 + 426.6
 - f. 吉利T **13.3 + 426.6**
 - g. 吉利T **100g汁, 1.5+100**
 - h. 洋菜粉 **100g汁, 1+100**



圖左: 地瓜粉(20:200), 圖右: 吉利T(3:200)

為了使實驗的結果更加的客觀，我設計了「仙草凍指數」來量化仙草凍物美價廉的程度，以下為說明：

1. 10% 經濟程度：計算每克仙草凍所會使用的凝結粉、水與仙草原汁價格，再進行標準化與伸縮平移，使價格最貴為1，最便宜為10
2. 30% 抗變形性程度：將測得的抗變形性進行標準化與伸縮平移，以市售仙草凍為10，向兩側遞減。
3. 30% 味道分數：1~10，定義市售仙草凍為10
4. 30% 外觀分數：1~10，定義市售仙草凍為10

計算抗變形性程度的方法我參考了[五南文化](#)的材料物理計算、科展QQ果凍--洋菜凍的彈性 相關研究與上學期探究與實作其他小組的設計：

1. 已知下壓截面積A
2. 利用彈性儀，下壓力 $P=100\text{gw}$ ， 200gw ， 300gw 進行測試
3. 利用Tracker計算正向原長 δ 、水平原長L、下壓後的正向變形長 δ_d 、水平變形長 L_d
4. 計算正向應力 σ (楊氏模數E)：

$$\sigma = \frac{P}{A} = E$$

5. 計算軸向應變與橫向應變，單位%：

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}, \varepsilon_d = \frac{\delta_d}{L_d}$$

6. 計算蒲松比：

$$v = \left| \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon} \right|, 0 < v < 0.5$$

7. 確認蒲松比數據，理論上如仙草凍般的黏彈性材料數值應在0.4~0.5
8. 計算出剛性模數：

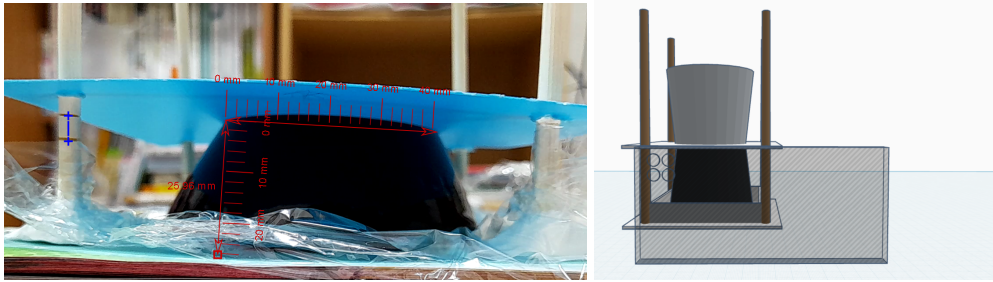
$$G = \frac{E}{2(1+v)}$$

9. 定義抗變形性程度：

$$\text{抗變形性程度} = \frac{\sqrt{E^2 + G^2}}{P}$$

彈性儀參考上學期探究與實作硬度計的類似設計(這裡是修正型的步驟)：

1. 將塑膠板裁切成 2個 14cm x 14cm 正方形
2. 標記竹筷位置，以平面黏在各角落 1.5cm 的位置
3. 以竹筷為柱子，使其與底盤垂直且不彎曲，以輕黏土固定
4. 在剩餘的塑膠板各角落 1.5cm 的位置穿半徑4公分圓小孔做為頂盤



圖左：使用Tracker分析下壓變形量
圖右：Tinkercad上的彈性儀3D模型

在進行幾次的實驗與數據計算後，以下是我的實驗數據結果：
參採比例與代號(原汁：砂糖：凝結粉：水)：

- A. 市售仙草凍
- B. 洋菜凍 100：10：0.5：100
- C. 洋菜凍 200：10：1：0
- D. 吉利T 100：5：1.5：100
- E. 吉利T 200:5:1.5
- F. 吉利T 200：13.3：9.3：426.6
- G. 第一次實驗最高分對照組：吉利T 200:0:20:0

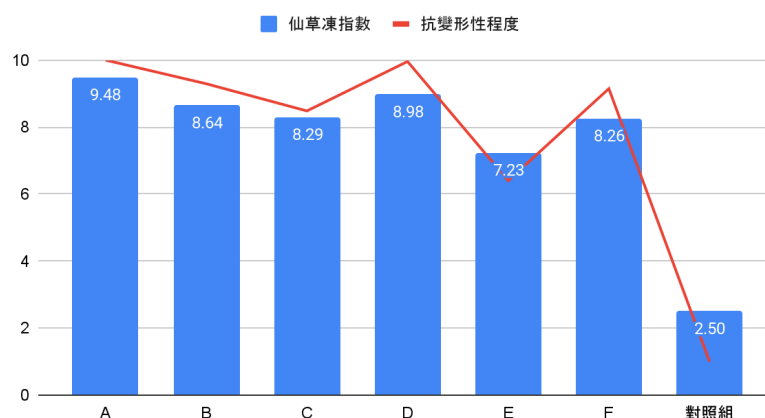
表一、仙草凍指數各項指標紀錄

名稱	經濟程度	抗變形性程度	外觀	味道	仙草凍指數
A (市售)	4.84	10	10	10	9.48
B	9.25	9.29	9	7	8.64
C	6.51	8.48	9	8	8.29
D	10	9.96	8	8	8.98
E	9.19	6.40	8	7	7.23
F	9.79	9.15	7	7.5	8.26
對照組	1	1	6	2	2.50

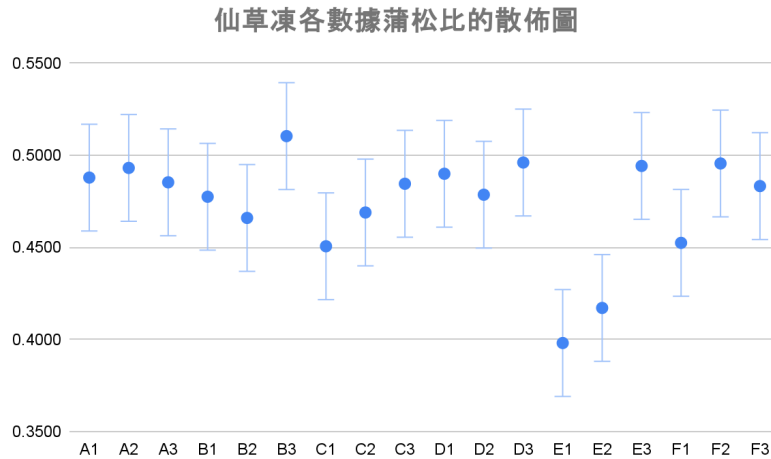
表二、仙草凍指數各項指標紀錄 (不含對照組)

名稱	經濟程度	抗變形性程度	外觀	味道	仙草凍指數
A (市售)	1	10	10	10	9.10
B	8.69	8.23	9	7	8.16
C	3.91	6.21	9	8	7.12
D	10	9.90	8	8	8.96
E	8.59	1	8	7	5.01
F	9.64	7.87	7	7.5	7.74

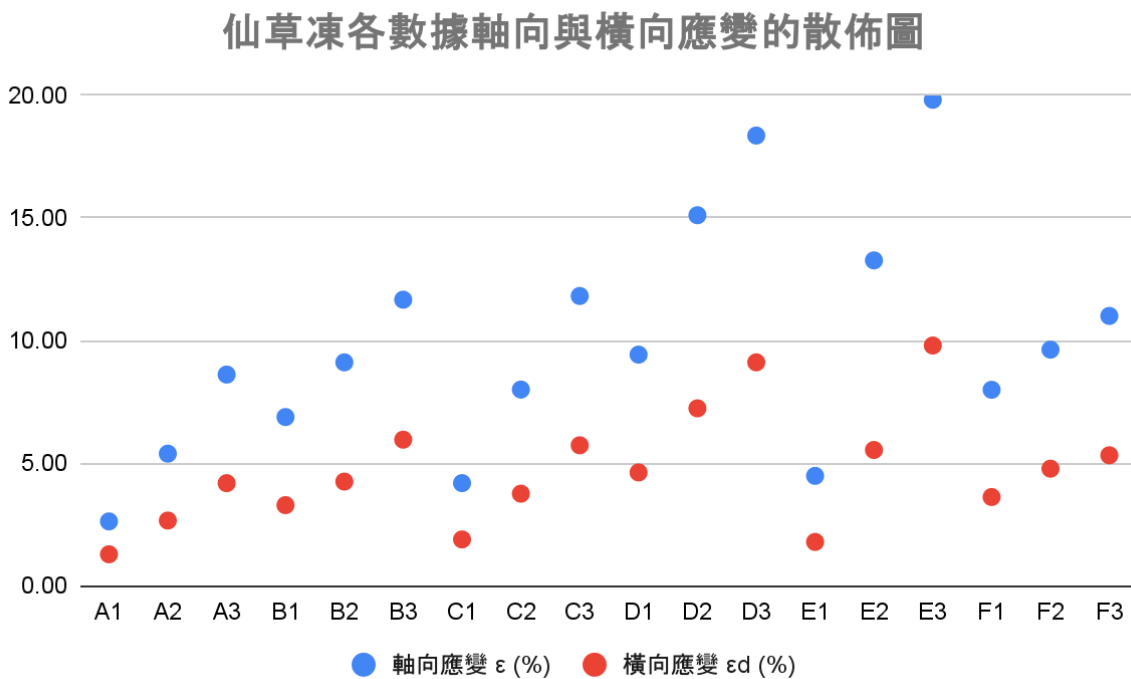
仙草凍指數與抗變形性程度(含對照組) 組合圖



從兩張圖發現，由於仙草凍指數極度依賴相對關係，因此從表二能較清楚看出各最佳比例間的相對量值。在吉利T中D組(100 : 5 : 1.5 : 100)較佳，而洋菜中B組(100 : 10 : 0.5 : 100)略勝一籌，可以發現若以水稀釋仙草原汁，不僅可降低成本(經濟程度較高)，也能提升口感(抗變形性較高)



從圖二的散佈圖可以發現各數據測量出來的蒲松比確實大部分落在0.4~0.5之間，然而少數數據些微超出範圍，可能在測量精密度不足上(誤差線為B類不確定度，約等於0.029，A1表示A組100gw的數據)

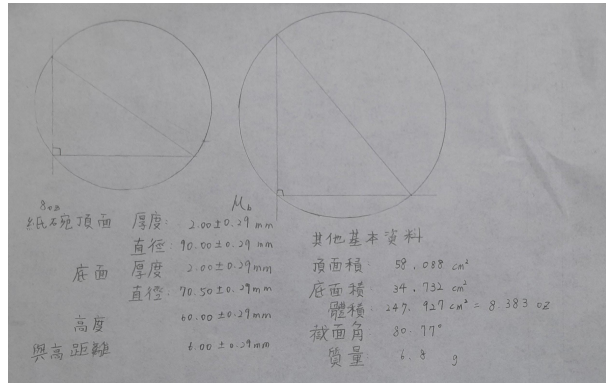


而分析仙草凍各數據的軸向應變與橫向應變，可以發現在下壓力增加時，仙草凍應變量與下壓力成高度正相關，並會產生鉛直方向的壓縮，其內部會產生剪應力，使其在水平方向產生程度較低的形變。

這次的實驗在吉利T與洋菜粉上相當成功，然而因洋菜與吉利T中的鹿角菜膠皆是海藻相關產物，因此比起市售仙草凍有一定程度的特殊味道。

而在地瓜粉上，我參照許多食譜與改變比例都沒能夠成功做出傳統口感的仙草凍，相當可惜。

圖：8oz紙碗的詳細測量記錄



參考來源：

- 農業知識入口網 [仙草機能性與其多元化利用](#)、[藥用植物主題館](#)
- 劉慧瑛. [影響仙草凍製造的因素](#). 技術服務, 1992.
- 南投縣第62屆科學展覽會 [怦然心「凍」-仙草凍Q度的探討](#)
- 寶來食品 [做出好吃Q嫩仙草凍](#)
- 中華民國第44屆中小學科學展覽會 [QQ 果凍--洋菜凍的彈性](#)
- 有青國際/產品知識/[仙草](#)、[FAQ](#)
- 材料力學 [五南文化](#)
- 自己動手做超咕溜嫩仙草凍 [夢幻廚房在我家](#)
- [仙草凍實驗筆記](#)
- [仙草凍實驗數據紀錄](#)
- Tinkercad [化學仙草凍儀器模型](#)