

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

探究精神獎

082917

冰淇淋宅即變—低脂優格冰淇淋製作之探討與  
分析

學校名稱：桃園市蘆竹區南崁國民小學

作者：	指導老師：
小六 徐驛	蕭倍如
小六 葉羽婕	張蕙琦
小六 陳邑峰	
小六 許庭瑄	
小六 梁莫凡	

關鍵詞： 優格冰淇淋、電磁鐵、固形物比例

## 摘要

市售冰淇淋高脂高熱量，對健康有負擔。本研究以希臘式優格取代鮮奶油，參考義式冰淇淋做法，探討不同糖量、鮮奶優格量、粉狀固形物及吉利丁粉等對冰淇淋的影響。

先自製精密硬度測量儀進行科學測量，並制訂檢驗冰淇淋質地項目：固形物比例、製冰後溫、軟硬度、打發率、抗融性。實驗發現：增加蔗糖量提升滑順度；提高優格量使質地細緻、口感偏硬；全脂奶粉可增強風味和口感；吉利丁粉提升抗融性。冰淇淋質地取決於各成分比例之平衡。

研究建議：乳製品的脂肪 4.6%、非脂質固形物 12.2%、糖 16.1%、吉利丁粉 0.4%。製冰冷凍後，媲美義式冰淇淋口感綿密、品質穩定。本研究提出希臘式優格冰淇淋配方，低脂且富含益生菌，大家可依實驗數據，自行調整喜好口感。

# 壹、前言

## 一、研究動機

近年來，隨著氣候變遷和全球暖化的加劇，夏季高溫逐年升高，冰淇淋已成為人們在炎熱天氣中的小確幸。然而，市售冰淇淋大多數含有鮮奶油或其他人工添加物，雖然提升了產品的穩定性，但也增加了熱量和健康負擔。因此，希望能在享受美味冰淇淋的同時，兼顧健康，計劃使用富含益生菌的希臘式優格取代鮮奶油，來降低熱量。研究中，以糖量、鮮奶與優格的比例、不同粉狀固形物、不同奶粉量與不同吉利丁粉量為操作變因，測量冰淇淋的打發率、製冰後溫度、冷凍後軟硬度和融化時間等數據。本研究也改良測試硬度的機器，利用電磁鐵的裝置來減少測量誤差。希望透過此研究，讓大家能參考實驗結果，在家自行調整食譜，製作出符合個人口味和健康需求的冰淇淋。

## 二、研究目的

- (一)建立冰淇淋質地的測量項目。
- (二)比較「市售」、「食譜配方」與「自訂配方」優格冰淇淋性質。
- (三)探討添加糖的比例對優格冰淇淋性質的影響。
- (四)探討基本成分比例對優格冰淇淋的影響。
- (五)藉由官能品評單提供兼具口感與健康的優格冰淇淋，供自製時參考。

## 三、文獻探討

### (一)冰淇淋基本原料

冰淇淋包含三種物質型態(Carl,2024；陳謙璿，2022，p.20)，如圖 1、表 1

- 1.固體：包括乳脂肪、冰晶、糖、乳化劑、穩定劑，以及無脂固形物。
- 2.液體：主要為水，來自於牛奶和鮮奶油。
- 3.氣體：空氣。

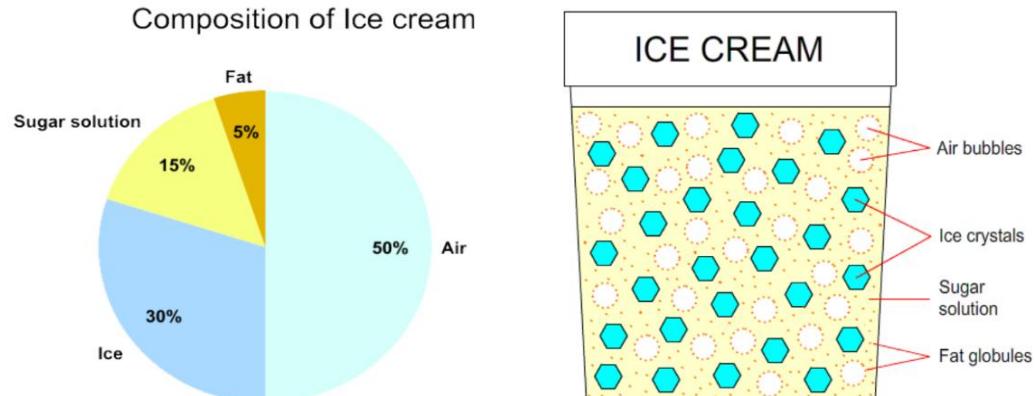


圖 1 冰淇淋組成 資料來源：Carl,2024(文獻七)

表 1 鮮奶油義式冰淇淋成分、建議比例、功能與影響口感的因素(第二作者整理)

成分	比例	功能與說明	影響口感的因素
空氣	-	1. 攪拌過程中被引入冰淇淋混合物。 2. 空氣量影響冰淇淋的膨脹率和軟糯感。 3. 牛奶基底的冰淇淋膨脹率較高；水基底的冰淇淋膨脹率較低。	1. 空氣較多，口感鬆軟清爽、結構不穩；空氣量較少，扎实濃郁、質地堅硬。
乳脂肪	4% ~ 12%	1. 在冰淇淋中呈液態和半結晶態，可穩定氣泡。 2. 增強冰淇淋稠度和穩定性。	1. 提供豐富的口感和層次感。 2. 高乳脂肪含量使冰淇淋濃郁、柔滑。
冰晶	-	1. 提供結構和硬度，支撐冰淇淋。 2. 急速降溫，製冰後溫度達-5°C以下，可形成較小冰晶。	1. 小冰晶使口感光滑；大冰晶使口感粗糙。
糖	16% ~ 22%	1. 增加甜味、黏稠度，穩定冰淇淋結構。 2. 降低冰淇淋液體的凝固點。	1. 糖量影響冰淇淋甜度和口感。 2. 糖過多使冰淇淋過於柔軟；糖太少形成較大冰晶，使冰淇淋質地鬆脆。
無脂固形物	8% ~ 12%	1. 分散冰晶，防止冰晶過度生長 2. 包括蛋白質、醣類、礦物質等。	1. 無脂固體物質能豐富冰淇淋口感，提升綿密度。
乳化劑	0% ~ 5%	1. 幫助水和脂肪兩種液體混合。防止脂肪分離和冰晶過大。 2. 增強冰淇淋的稠度。	1. 乳化劑使冰淇淋具有柔滑的質地，口感細緻。提升冰淇淋的穩定性。
穩定劑		1. 吸收固定液體，增加黏稠度，穩定結構。 2. 減少冰晶生成。 3. 減緩冰淇淋融化速度。	1. 適量的穩定劑能使冰淇淋更加綿密光滑。 2. 彌補家用冰淇淋機冷卻效果不佳。

資料來源： Carl,2024(文獻七)；陳謙璿，2022(文獻三)，p.20-31、p.47

## (二)本研究基本製作配方

傳統美式或義式冰淇淋的製作常以鮮奶油或高乳脂成分為基礎，讓冰淇淋口感滑順、結構穩定。然而，現代人追求低脂飲食與健康，網路上的相關研究著重於嘗試改良冰淇淋配方，特別是在降低脂肪含量或尋找替代成分。

本研究收集網路上冰淇淋相關研究，分析冰淇淋配方整理如表 2：

表 2 冰淇淋相關研究分析 (表格來源：第二作者整理)

來源	屆別	篇名	文獻編號	脂肪		糖	無脂質固形物	其他固形物	
				動物性	植物性			乳化劑	穩定劑
全國科展	64	冰雪淇緣	一	鮮奶油、牛奶	鮮奶油 (含有較多不飽和脂肪)	葡萄糖、蔗糖、糖粉	---	---	---
	59	低脂冰淇淋與物理的火花	四	鮮奶油、牛奶	---	煉乳	---	---	---
	55	低脂米飯冰淇淋之製作	五	全脂奶粉	---	蔗糖	各式米飯取代鮮奶油、香草粉	脂肪酸甘油酯	海藻酸鈉
竹市科展	40	冰雪奇緣的秘密～冰淇淋製成探究	二	鮮奶油、牛奶、全脂奶粉	橄欖油、花生油	---	各式米食、芋頭、水果	蛋黃	---
高中專題	108年	小冰立大功，冰淇淋來瘋	六	鮮奶油(減量)、全脂奶粉	---	蔗糖	香草粉	脂肪酸甘油酯	海藻酸鈉 植物性膠質取代部分鮮奶油

這些冰淇淋作品都聚焦於開發新配方以達到低脂、改變質地，主要在：減少鮮奶油的比例，以植物油、澱粉或植物性膠質取代部分鮮奶油，甚至完全不添加鮮奶油而改用米飯作為結構基底。

本研究發想，運用富含益生菌的希臘式優格，來完全取代鮮奶油。陳謙璿(2022)指出：冰淇淋的質地和口感深受其成分比例影響，特別是固形物、脂肪與空氣（打發率）含量。所以，本實驗系統性地調整配方成分（如糖量、鮮奶與優格比例、不同粉類固形物、奶粉量、吉利丁粉量等），並依成分標示，計算配方中的固形物比例。

對於冰淇淋性質，首先測量冰淇淋製冰後的溫度，以了解對冰晶生成的影響；測量計算冰淇淋拌入空氣的比例（打發率），這與綿密度有關；並自製、改良硬度測量工具，精確測量冰淇淋冷凍後的軟硬度；同時也測量其融化所需的時間（抗融性）。

本研究透過對這些實驗數據分析與探討，釐清不同成分比例對優格冰淇淋質地、口感和穩定性的影響，並將結果作為配方調整的依據。期望能提供一份實用的參考指南，讓追求健康飲食的大眾，能根據研究結果自行調整配方，在家製作出符合個人口味的美味優格冰淇淋，提供一個創新的健康甜點選擇。

### (三)本研究與先前不同的地方在於：

- 測量工具**：考量到手擲筷子、飛鏢或橡皮筋彈力，恐有人為干擾因素，因此採用**電磁鐵控制鐵釘**來測量冰淇淋的軟硬度。
- 冰淇淋成分**：郭書帆等人(2024)的研究指出，脂肪可以抑制冰晶生成。大部分研究使用鮮奶油製作冰淇淋，鮮奶油的脂肪含量 35%以上，雖然口感醇厚，但對身體負擔較大。本研究基於低脂健康的需求，想使用**富含益生菌的希臘式優格取代鮮奶油**，降低脂肪量。此外，為了降低冰晶感，希望能透過成分比例的調整，讓低脂冰淇淋產生較小冰晶，質地細緻，口感綿密。

## 貳、研究設備及器材

鮮奶油、優酪乳、鮮奶、希臘式優格、糖、海藻糖、吉利丁粉、脫脂奶粉、全脂奶粉、杏仁粉、芝麻粉、高蛋白粉、果汁機、製冰淇淋機、計時器、IPAD、手機、鐵架、容器、電子秤、游標尺、紅外線測溫儀、糖度計、測溫架、冷凍櫃。如表 3。

表 3 實驗器材與材料 (照片來源：第四作者)

鮮奶油	優酪乳	鮮奶	希臘式優格	蔗糖
海藻糖	葡萄糖	吉利丁粉	脫脂奶粉	全脂奶粉
高蛋白粉	杏仁粉	黑芝麻粉	果汁機	冰淇淋機

註：家用冰淇淋機的兩個製冰杯容量較小，考量製冰期間冰淇淋溢出的可能性，兩杯總重量以 520 克為上限。

## 參、研究過程及方法

### 一、實驗架構及流程圖

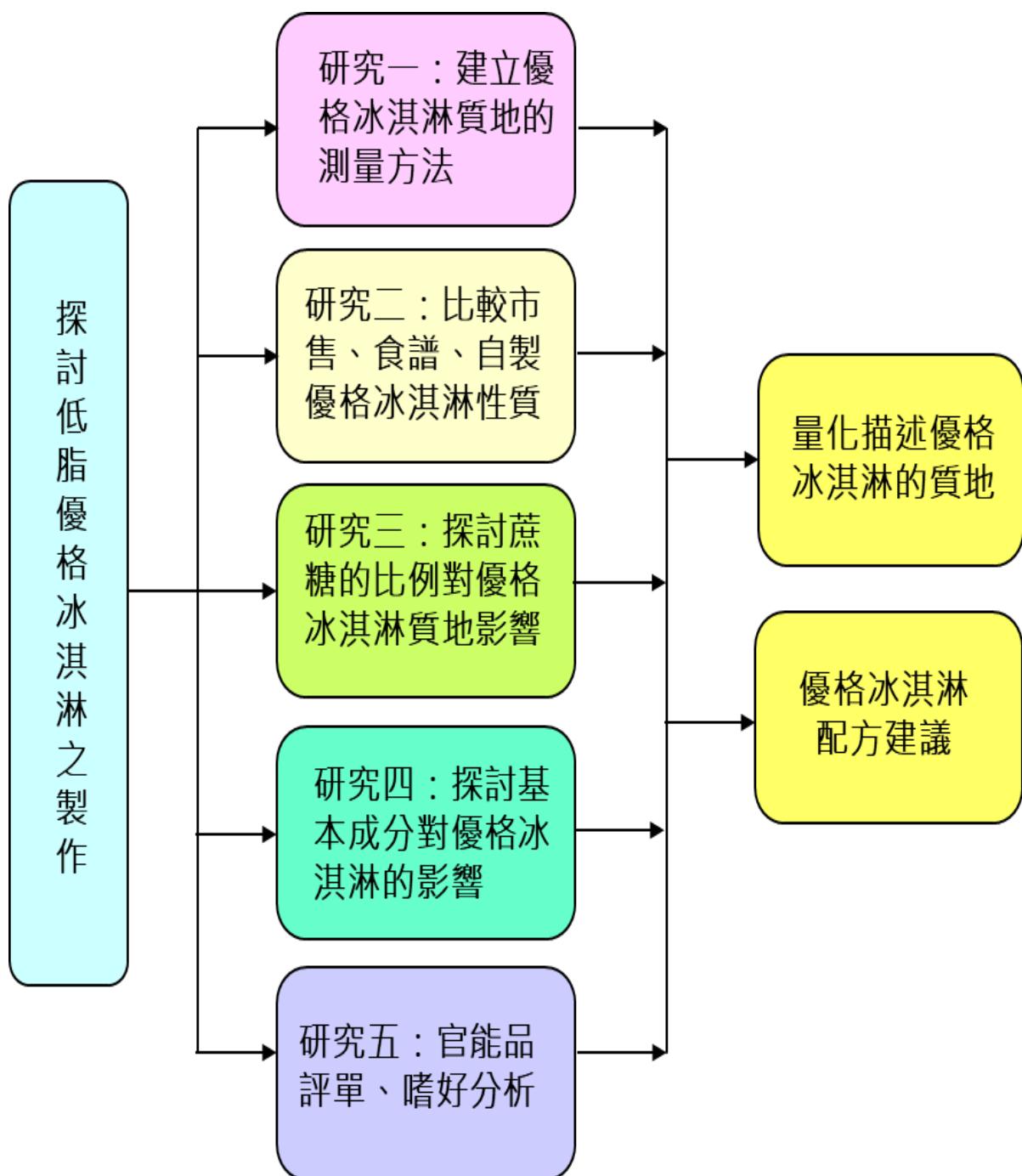


圖 2 實驗架構圖 (第三作者繪製)

## 二、實驗流程圖

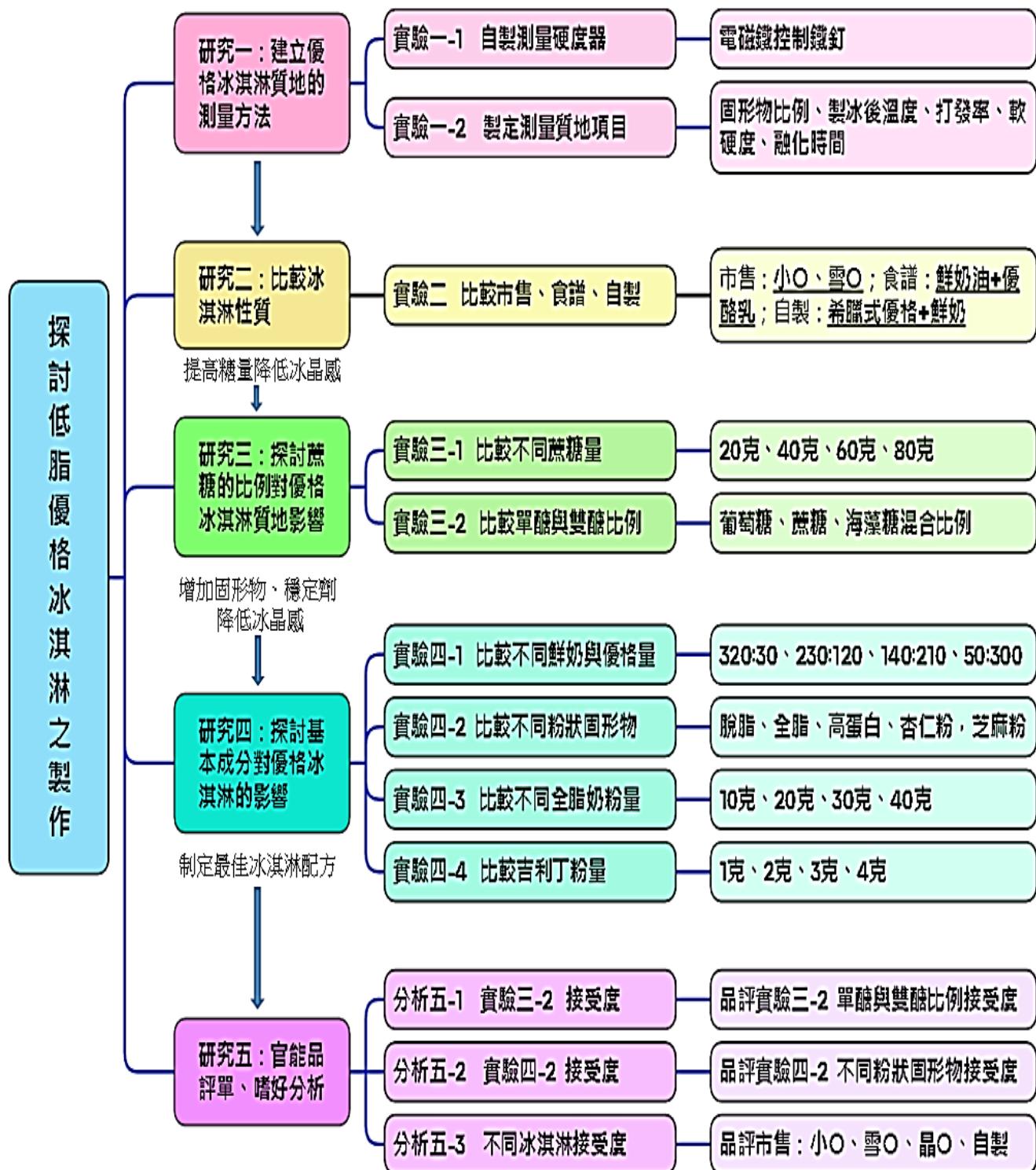


圖 3 實驗流程圖(第三作者繪製)

### 三、冰淇淋製作方法：

#### (一)冰淇淋配方

一開始研究使用冰淇淋機所提供的配方進行實驗一，接著慢慢修改配方，作為操作變因，以符合本研究追求健康低脂又美味的訴求，詳如後續實驗說明。

#### (二)製作冰淇淋步驟

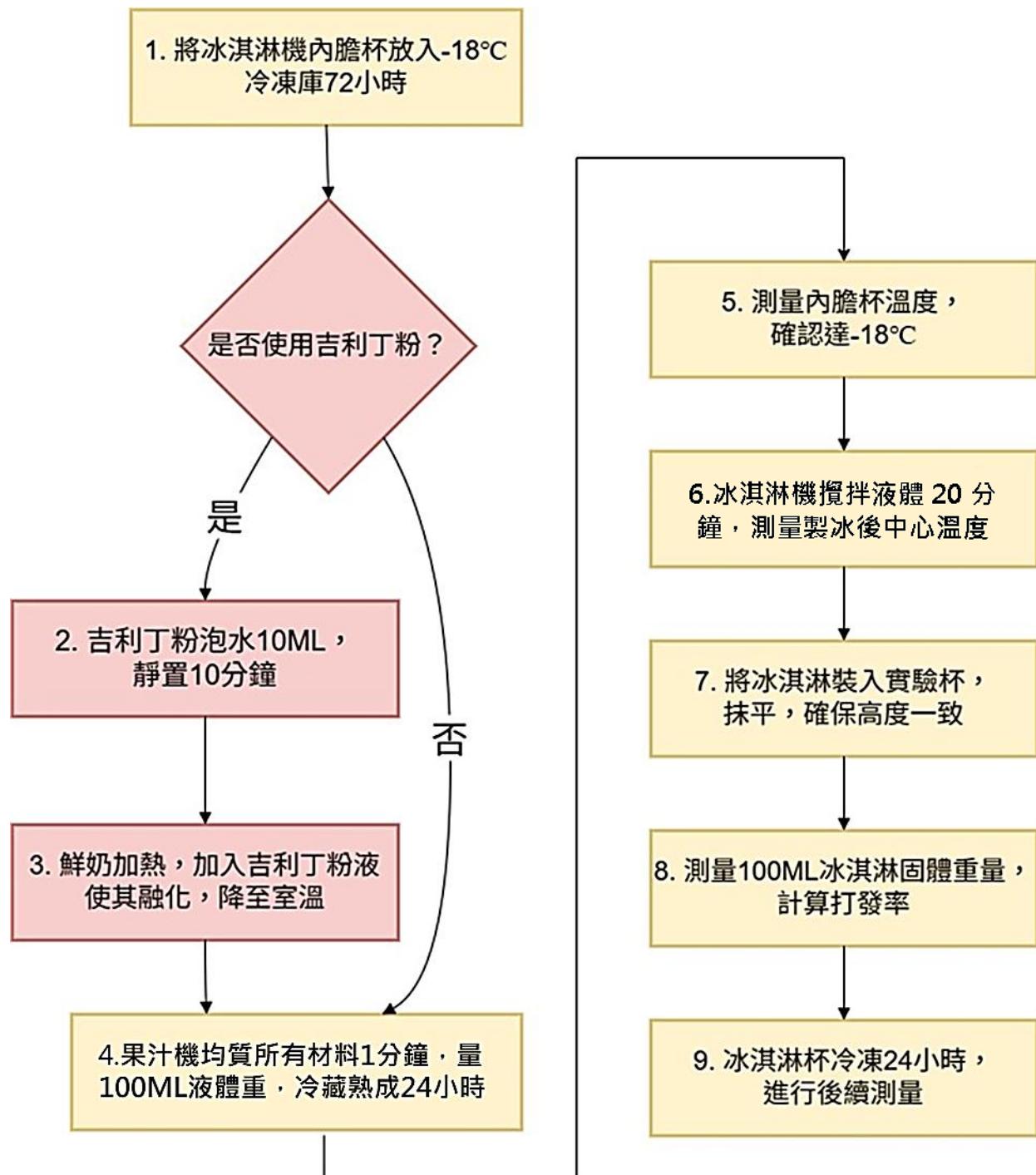


圖 4 製作冰淇淋流程圖(第一作者繪製)

## 肆、究結果與討論

### 研究一：建立優格冰淇淋質地的測量方法

#### 實驗一-1 研發測量冰淇淋軟硬度的方法

##### 一、設計測量硬度的方法 (指導老師拍照、第一作者整理)

冰淇淋要好吃，首重口感要綿密，冰晶感要少，故針對口感綿密的部份，本研究採用硬度測試來量化數據。參考多個歷屆科展作品，茲將資料整理及測量儀器研發過程，彙整如表 4 所示。

表 4 歷屆科展作品硬度測量儀器設計原理回顧與儀器研發過程

屆別	科展作品名稱	主體	設計原理
64	冰雪淇緣	冰淇淋	運用積木為支架，利用橡皮筋彈力，看竹籤射入的深淺，來測量冰淇淋的硬度。
59	低脂冰淇淋與物理的火花	冰淇淋	將鐵筷置於上方三十公分，測溫後放開鐵筷，測量冰淇淋凹陷深度。探討溫度與摩擦力的關係

#### 第一代硬度測量儀器

##### 設計原理：

經小組討論後，決定參考冰雪淇緣作品，因實驗主體皆為冰淇淋，另外採用儀器測量可以增加實驗效度。採用積木作為儀器支架，因測量主體為冰凍後的冰淇淋，故將竹籤改成自由落體的鐵釘，而且鐵釘與冰淇淋盒距離需 30 公分以上。最後測量鐵釘刺入冰淇淋的深度，定義冰淇淋的軟硬度。製作測量硬度儀器的過程，如圖 5、圖 6、圖 7 所示。

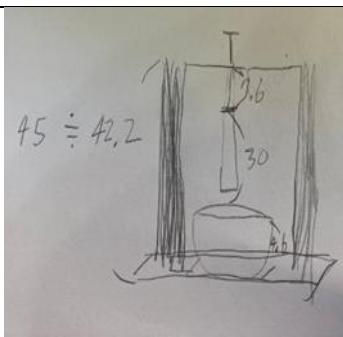


圖 5 硬度測量器手稿圖



圖 6 儀器主體圖

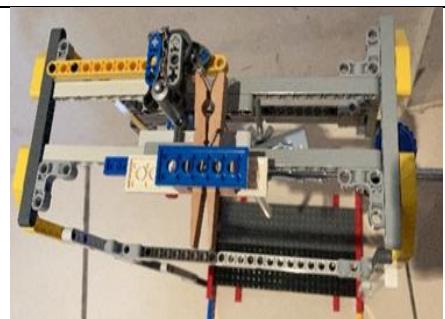


圖 7 儀器上方圖

儀器高度約 45cm，長約 24 cm，寬約 10 cm，下方平台放置冰淇淋盒。

用十字試管夾固定吸管，當作鐵釘自由落體軌道，防止釘子掉落偏離

按壓木夾鐵釘鬆脫自行掉落，可減少因人為手動，影響實驗結果。

##### 修正方向：

經測試結果發現，積木搭建的儀器結構會搖晃，穩固性不足；加上木夾按壓時因人為力道，易使儀器側偏，導致鐵釘偏離軌道，故決定另尋他法改進。便有了第二代測量硬度儀器。

#### 第二代硬度測量儀器

##### 設計原理說明：

**修正 1.**儀器結構不穩：將儀器結構由積木改成木材，增加儀器的穩固性，如圖 8。另上板採用學校的雷切課程所學，設計雷切上板設計，如圖 9 所示。

**修正 2.**木夾按壓人為力道影響數據：由於六年級學到電磁鐵，本研究嘗試看運用電磁鐵的原理，通電後吸住鐵釘，關閉電源磁力消失，鐵釘掉落，而且纏繞漆包線的吸管可以當成導正鐵釘垂直落下的軌道，一舉兩得。第二代儀器如圖 10 所示。

## 圖片說明：

圖 8 自製木架儀器 製作木架，高度 60 公分	圖 9 上板雷切設計圖 使用雷切機精準裁切出電磁鐵裝置圓孔與四邊固定孔。	圖 10 上方加裝電磁鐵與遙控開關 利用纏繞漆包線的吸管當作自由落體軌道；電磁鐵與遙控開關設計，減少人為誤差。

## 修正方向：

在測試的過程中，由於電壓與電流量過大，又經多次的測試使電磁鐵過熱，導致纏繞漆包線的軌道彎曲變形，如圖 11 所示，影響鐵釘掉落的路徑與落點，故再繼續改良研發第三代硬度測量儀。



圖 11 軌道因過熱彎曲

## 第三代硬度測量儀器

### 設計原理：

為修正纏繞漆包線軌道因過熱彎曲變形，上網搜尋，發現吸盤式電磁鐵，如圖 12 所示，不但可取代傳統漆包線繞吸管的電磁鐵，更改善了軌道會過熱的問題。最後通過多次的落點測試，皆都能精準落在冰淇淋杯測量硬度位置，完成第三代硬度測量儀器，如圖 13 圖 14 所示。

## 圖片說明：

圖 12 吸盤式電磁鐵 取代傳統漆包線繞吸管的電磁鐵，改善軌道會過熱變形問題。	圖 13 第三代硬度測量儀器 改吸盤式電磁鐵後，將原本雷切機裁切的圓孔黏上吸管當作軌道。	圖 14 操作示意圖 按遙控器開關電磁鐵吸住鐵釘，放開遙控器會形成斷電，鐵釘會順著軌道精準插入冰淇淋中。

## 第四代硬度測量儀器

### 修正方向與設計想法：

因測試硬度時，鐵釘常常會側倒，實驗過程常為了扶正鐵釘，會把手放於儀器旁，有操作安全的疑慮，為了實驗的安全和精準度，繼續改進測量儀器的軌道。使用粗吸管加長了鐵釘落下的軌道，並在吸管上黏貼出刻度；當鐵釘落下的瞬間，即拍照刻度，運用相片放大功能，就能精準的判讀刻度；此外，加長的軌道具有伸縮的功能，如此才能順利將鐵釘取出，如此測量硬度儀器就臻至完備，研發與測試過程，如圖 15、圖 16、圖 17 所示。

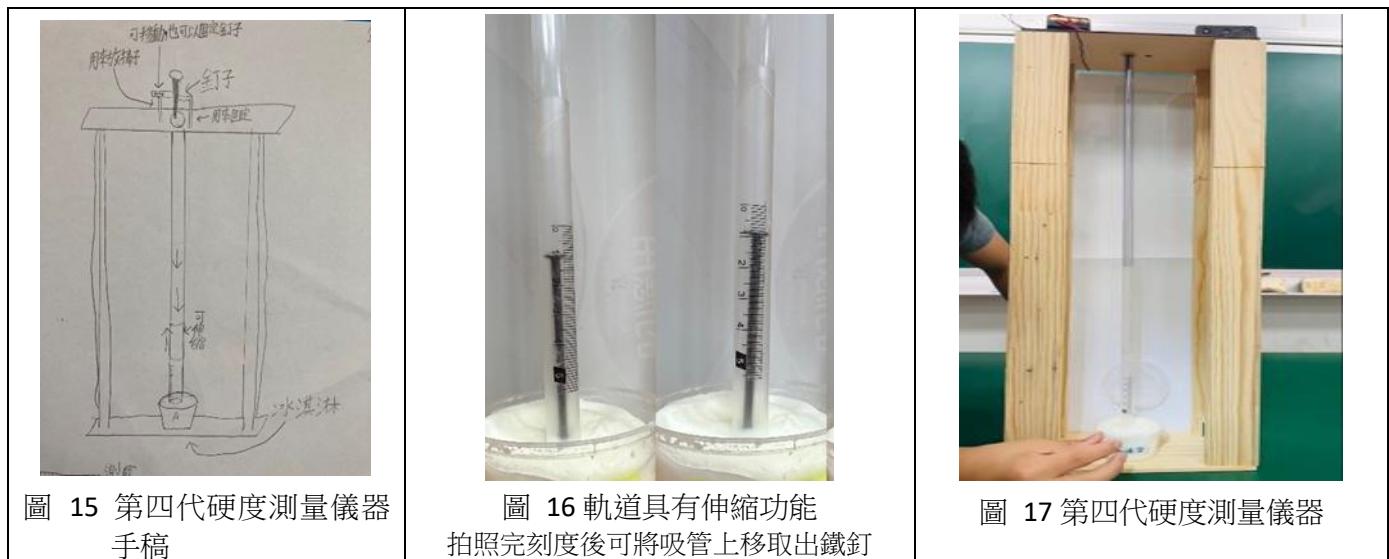


圖 15 第四代硬度測量儀器  
手稿

圖 16 軌道具有伸縮功能  
拍照完刻度後可將吸管上移取出鐵釘

圖 17 第四代硬度測量儀器

## 實驗一-2 制定測量冰淇淋質地的項目

### 一、固形物比例計算方式

本研究參考陳謙璿(2022)所提：義式冰淇淋的固形物比例建議在32%~42%間。固形物比例的計算方式，用 EXCEL 按照食材的營養標示，分別算出配方中每個成分的固體量（脂肪、非脂質固形物）加總、蔗糖(額外添加)和其他固形物的占比，以檢視冰淇淋的固體和液體比例是否平衡。

固體量計算方式，以希臘式優格為例，如圖 18，每 100g 脂肪占 3.8%，非脂質固形物占 12.751%(5.4+7.3+0.051)。各成分的固體量占比，詳如實驗日誌。

### 二、打發率計算方式

本研究使用冰淇淋機攪拌冰淇淋液時，因為拌入空氣，使得冰淇淋液體增加。計算公式參照(Carl, 2024)：

$$\text{打發率} = \frac{100\text{ML冰淇淋液體重量} - 100\text{ML冰淇淋(固體)重量}}{100\text{ML冰淇淋(固體)重量}}$$

營養標示		
每一份量	100公克	每日參考值百分比
熱量	85 大卡	4 %
蛋白質	5.4 公克	9 %
脂肪	3.8 公克	6 %
飽和脂肪	2.5 公克	14 %
反式脂肪	0 公克	*
碳水化合物	7.3 公克	2 %
糖	6.5 公克	*
鈉	51 毫克	3 %

圖 18 希臘式優格營養標示

陳謙璿(2022)建議義式冰淇淋的打發率應該在 30%左右。Carl(2024)指出：「高級」冰淇淋打發率較低，約 25%。而廉價冰淇淋的打發率可能高達 100%，因為空氣是免費的，因此在不增加製造成本的情況下可以有效增加產品產量。

### 三、測量製冰後溫度

本研究將冰淇淋液倒入冰淇淋機，機器一邊拌入空氣，一邊冷卻製冰。製冰杯已在-18°C 的冷凍庫放置 72 小時，非常冰冷，所以當冰淇淋液接觸到表面後會立即結凍，接著在刮刀持續旋轉攪拌下，刮下結凍的冰淇淋，重複這個循環，並在攪拌過程中拌入空氣，最後可以得到

冰淇淋固體。在  $0^{\circ}\text{C}$ ~ $-5^{\circ}\text{C}$  的區間，是「最大冰晶生成帶」(陳謙璿，2022)，如果製冰後的溫度低於 $-5^{\circ}\text{C}$ ，冰淇淋的冰晶顆粒越小，冰晶感越低。

#### 四、設計測量融化速度的時間

測量冰淇淋的融化時間，主要是為了評估其在口腔中停留時間的長短。當冰淇淋在口中停留時間較長時，消費者能更充分地體驗其風味與質地，進而增強食用時的愉悅感。相對而言，若冰淇淋抗融性較差，融化速度過快，則可能使得風味體驗的時間縮短，降低整體的感官滿足度與品嚐冰淇淋的幸福感。

#### 五、測量步驟定案

為了結合測量硬度深度與融化的時間，故設計出既可以測量硬度深度兼具測量融化時間的步驟。如圖 19：

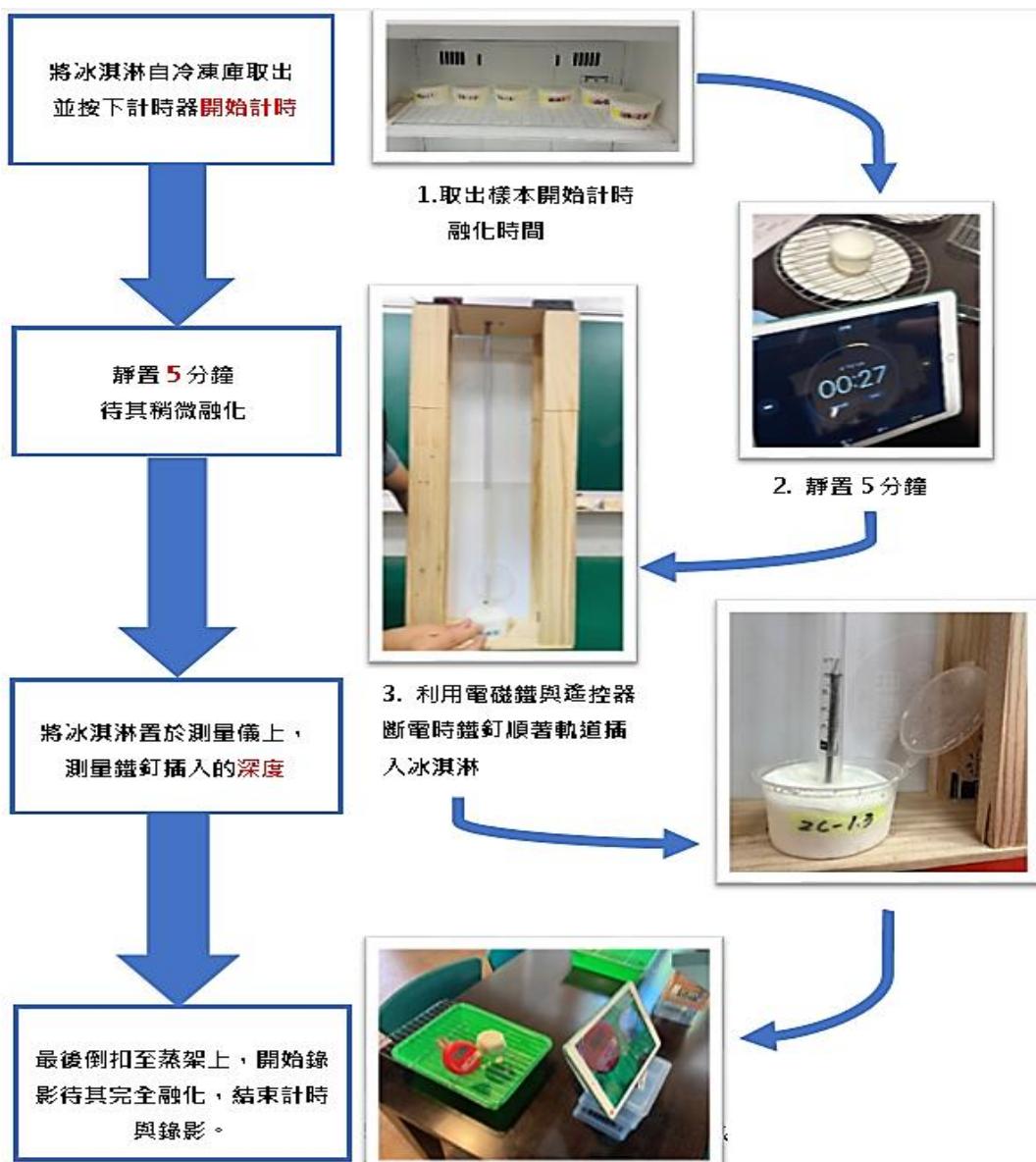


圖 19 冰淇淋硬度測量步驟 (由第一作者整理繪製)

## 研究二：比較不同冰淇淋的性質

### 實驗二：比較市售、食譜、自製冰淇淋的性質（照片統計圖資料整理：第一作者）

#### 一、實驗設計：

選擇 2 家市售冰淇淋，食譜配方，自製配方，如表 5。

表 5 市售冰淇淋、自製配方成分

市售小○	市售雪○	食譜配方	自製配方
水、麥芽糖、椰子油、脫脂奶粉、特級砂糖、果糖、乳清粉、玉米澱粉、乳化劑、黏稠劑、食用香料、食鹽、食用色素	鮮奶優格(鮮奶、活性乳酸菌)、砂糖、鮮奶、葡萄糖、關華豆膠、海藻糖	優酪乳 340g、鮮奶油 100g、蔗糖 60g	鮮奶 340g、希臘式優格 100g、蔗糖 60g

#### 二、實驗結果：

##### (一) 固形物比例：如表 6

- 從脂肪比例來看，最高是市售小○佔 8.0%，其次是食譜佔 7.4%。
- 從蔗糖的比例來看，最高是市售雪○佔 17.9%，其次是市售小○佔 15.7%。
- 整體固形物比例，市售分別為 27.6%、31.4%；食譜與自製各為 28.1%、23.4%。

表 6 不同配方冰淇淋成分比例分析表

不同配方	小○	雪○	食譜	自製
脂肪(%)	8.0%	2.7%	7.4%	3.3%
非脂質固形物(%)	7.7%	7.0%	8.7%	8.1%
蔗糖(%)	15.7%	17.9%	12.0%	12.0%
總固形物(%)	31.4%	27.6%	28.1%	23.4%

##### (二) 製冰完成後，冰淇淋機建議食譜與自製食譜冰淇淋製冰完成後，質地如圖 20。

食譜配方的綿密感優於自製配方。



圖 20 食譜與自製冰淇淋製冰後質地圖

##### (三) 不同配方冰淇淋冷凍 24 小時後，冰淇淋質地圖，如圖 21 所示，食譜配方的賣相最佳，自製配方有分層、崩塌的狀況，有改善配方的空間。



圖 21 不同配方冰淇淋冷凍 24 小時後冰淇淋質地圖

#### (四) 分析不同冰淇淋的質地，如圖 22、圖 23、圖 24、圖 25

1. 食譜配方的冰淇淋製冰後溫達-5.1°C，且打發率 28.0%；自製配方的冰淇淋製冰後溫只有-2.7°C，打發率 61.1%。
2. 小○冰淇淋最軟，其次是雪○、自製，食譜配方最硬實。
3. 雪○的抗融性最好，其次是食譜配方，自製配方抗融性最差。

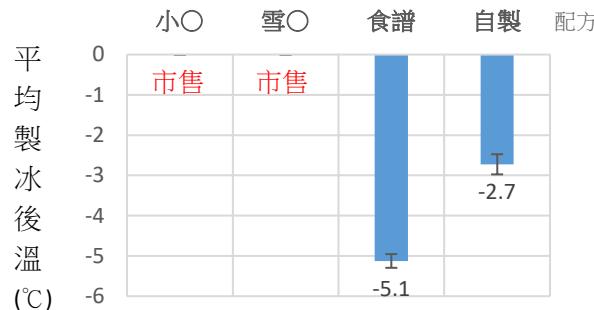


圖 22 不同配方冰淇淋製冰後溫統計圖

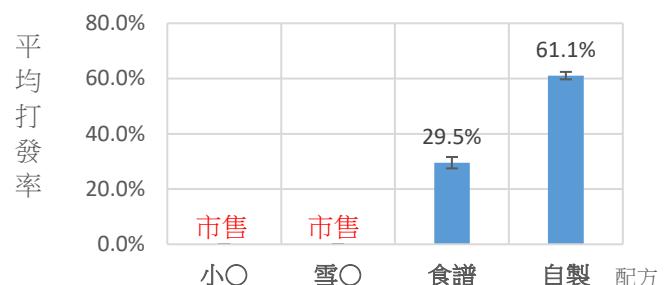


圖 23 不同配方冰淇淋打發率統計圖

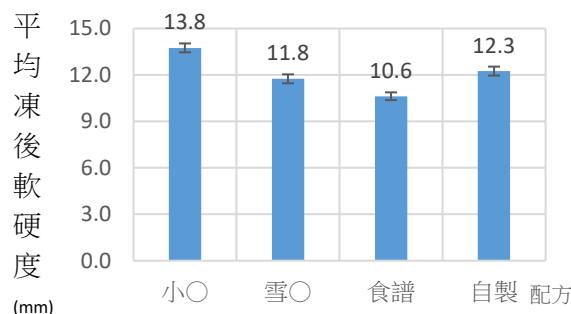


圖 24 不同配方冰淇淋軟硬度統計圖

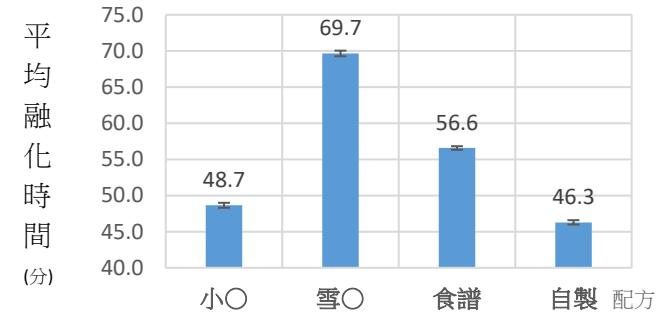


圖 25 不同配方冰淇淋融化時間統計圖

### 三、實驗討論

- (一) 義式冰淇淋建議固形物比例在 32%~42%，僅市售小○之固形物比例 31.4% 接近。
- (二) 食譜冰淇淋使用鮮奶油，總固形物比例高於自製配方，且打發率接近義式冰淇淋建議的 30%，且製冰後溫度低於-5.0°C。
- (三) 本研究希望能用希臘式優格取代鮮奶油，發現自製冰淇淋的質地鬆脆，從冰杯倒出時有分層、崩塌的情形。陳謙璿(2022)提到：增加糖量可改善義式冰淇淋的質地；如果提高糖的比例，增加優格冰淇淋液的濃稠度，是否也有助於提升冰淇淋的質地呢？

### 研究三：探討蔗糖的比例對優格冰淇淋的影響

#### 實驗三-1 比較不同蔗糖比例對優格冰淇淋的影響 (照片統計圖資料整理：第二作者)

一、實驗設計：鮮奶 340g、希臘式優格 100g、不同蔗糖量 20g、40g、60g、80g。

#### 二、實驗結果：

- (一) 固形物比例：如表 7

蔗糖的比例在 4.3%~15.4% 之間。總固形物比例在 16.7%~26.3% 之間。

- (二) 製冰完成後，不同蔗糖量冰淇淋質地如圖 26；蔗糖量愈多，質地越綿密。

表 7 不同蔗糖量冰淇淋成分比例分析表

蔗糖量	20g	40g	60g	80g
蔗糖(%)	4.3%	8.3%	12.0%	15.4%
總固形物(%)	16.7%	20.2%	23.4%	26.3%

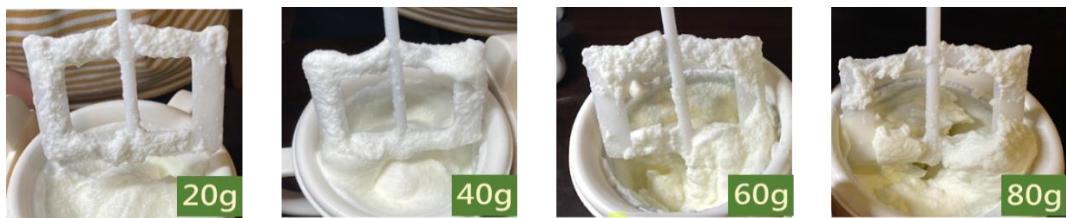


圖 26 不同蔗糖量冰淇淋製冰後質地圖

(三) 冷凍 24 小時後，不同蔗糖量冰淇淋質地如圖 27，蔗糖量愈多，出現分層狀況。本研究推論可能是使用的希臘式優格，富含乳酸菌，使冰淇淋膠體溶液產生凝聚現象。



圖 27 不同蔗糖量冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

(四) 分析不同蔗糖量冰淇淋的質地：如圖 28、圖 29、圖 30、圖 31

1. 蔗糖量增加，製冰後溫度有隨之降低趨勢。當蔗糖量 80g 時，製冰後溫達-4.3°C。
2. 隨著蔗糖量增加，打發率從 97.1% 降至 42.5%，顯示蔗糖量少的配方含有較多的空氣，質地輕盈蓬鬆；當蔗糖量達 80g，質地較為綿密。
3. 冷凍 24 小時後，蔗糖量增加，冰淇淋有隨之越軟的趨勢。
4. 蔗糖量增加，抗融性隨之降低，融化時間縮短。

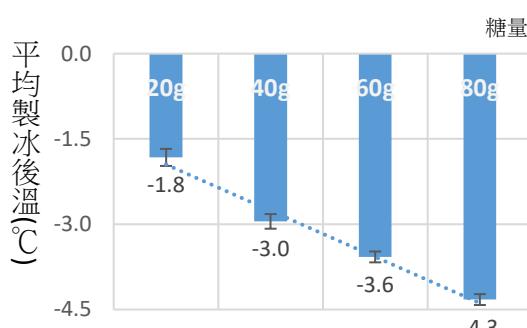


圖 28 不同蔗糖量冰淇淋製冰後溫統計圖

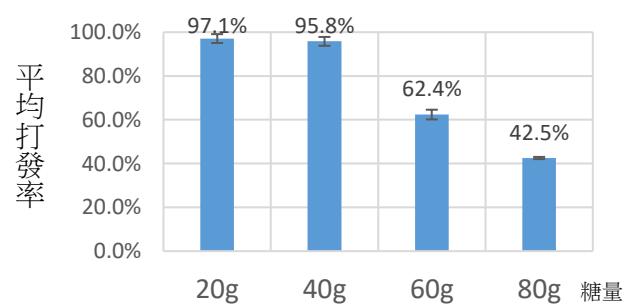


圖 29 不同蔗糖量冰淇淋打發率統計圖

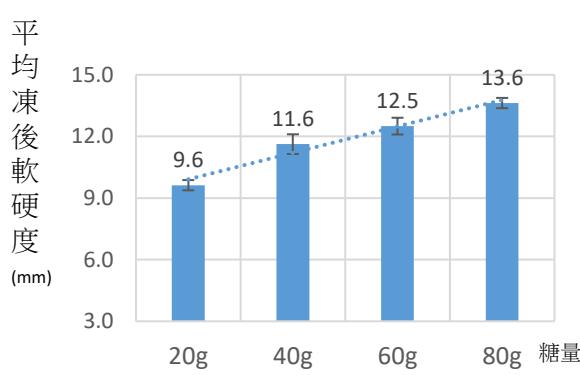


圖 30 不同蔗糖量冰淇淋軟硬度統計圖

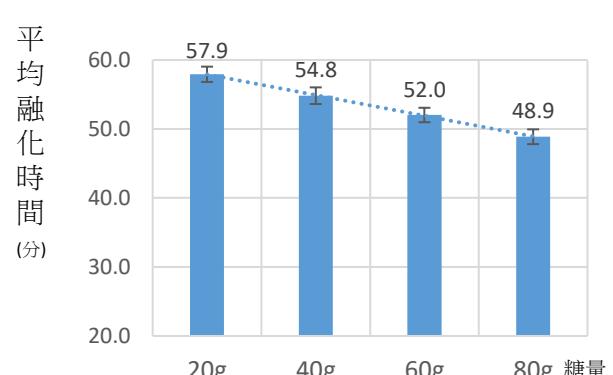


圖 31 不同蔗糖量冰淇淋融化時間統計圖

### 三、實驗討論

- (一) 當蔗糖量增加到 80g，蔗糖的比例為 15.4%(表 7, P.14)，整體固形物比例為 26.3%(表 7, P.14)，與義式冰淇淋建議的固形物比例(32%~42%)仍有差距，顯示若要依靠增加蔗糖量來提高固形物比例，得增加更多的蔗糖。
- (二) 蔗糖量在 80g(比例 15.4%)時
- 打發率 42.5%，仍高於義式冰淇淋建議的 25%~30%。
  - 製冰後溫度達-4.3°C，仍未越過「最大冰晶生成帶」0°C~5.0°C 的區間。
  - 軟硬度為 13.6mm，接近小o冰淇淋。
  - 融化時間 48.9 分，接近小o冰淇淋。
  - 本實驗結果符合 Carl(2024)、郭書帆等人(2024)所提：提高蔗糖量有助於降低冰晶感，增進質地細緻。
- (三) 整體試吃後，大家一致認為，80g 蔗糖的配方過甜，因此發想，用甜度較低的蔗糖來取代蔗糖是否可行？

### 實驗三-2 比較不同單醣雙醣比例對優格冰淇淋的影響 (照片統計圖資料整理：第三作者)

#### 一、實驗設計：

- (一) 控制變因：鮮奶 340g、希臘式優格 100g、糖 80g。
- (二) 操作變因：不同單醣、雙醣比例。如表 8 所示。

#### 二、實驗結果：

- (一) 固形物比例：如表 8  
糖的比例在 13.8%~14.7%之間。總固形物比例在 24.8%~25.6%之間。

表 8 不同單雙醣比例冰淇淋成分分析表

單雙醣比	海 1	葡 1	蔗海 1:1	蔗葡 1:1	海葡 1:1	蔗海葡 2:1:1	海蔗葡 2:1:1	葡蔗海 2:1:1
糖(%)	13.8%	14.0%	14.6%	14.7%	13.9%	14.7%	14.3%	14.3%
固形物比例(%)	24.8%	24.9%	25.5%	25.6%	24.9%	25.6%	25.2%	25.2%

(二) 製冰完成後，冰淇淋質地，如圖 32



圖 32 不同單醣雙醣比例之冰淇淋製冰後質地圖

(三) 冷凍 24 小時後，不同糖量冰淇淋質地，如圖 33。



圖 33 不同單醣雙醣比例之冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

(四) 分析不同單醣雙醣比例冰淇淋的質地：如圖 34、圖 35、圖 36、圖 37

1. 葡萄糖屬於單醣，蔗糖與海藻醣屬於雙醣，不同單醣雙醣比例冰淇淋的製冰後溫有差異，介於-3.6°C~ -6.3°C之間。其中蔗海 1:1、海葡 1:1、海蔗葡 2:1:1 和葡蔗海 2:1:1 的配方，均低於-5.0°C，已越過最大冰晶生成帶。
2. 不同單醣雙醣比例冰淇淋的打發率有差異，介於 25.3%~62.4%之間。純葡萄糖和蔗海葡 2:1:1 的配方，打發率分別是 25.3% 和 25.4%，較接近義式冰淇淋建議的 30%。
3. 不同單醣雙醣比例冰淇淋的軟硬度有差異，介於 6.1mm~10.3mm 之間。
4. 不同單醣雙醣比例冰淇淋的融化時間有差異，介於 51.9 分~72.0 分之間。

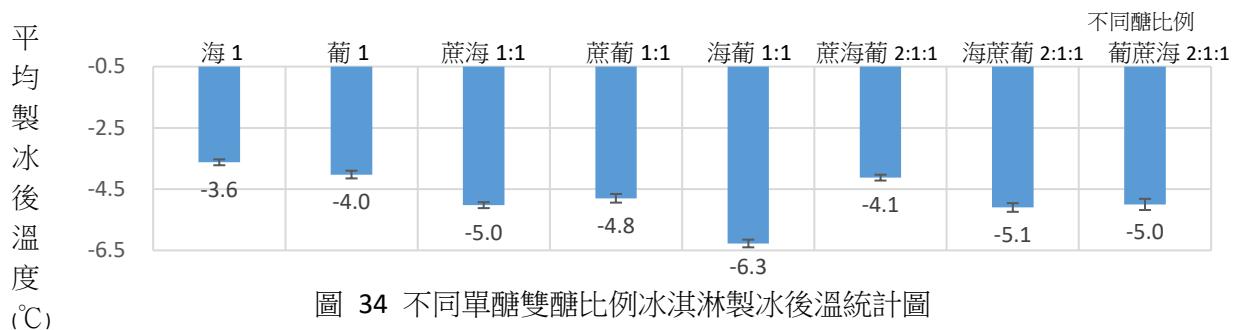


圖 34 不同單醣雙醣比例冰淇淋製冰後溫統計圖

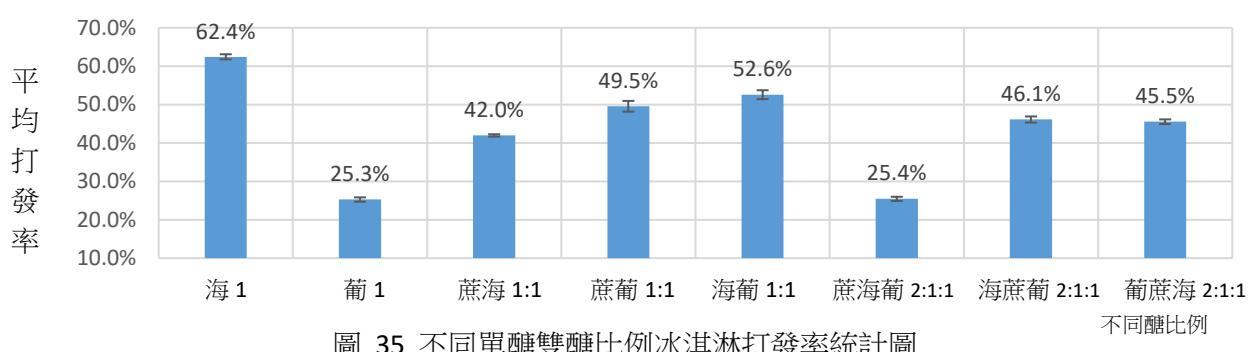


圖 35 不同單醣雙醣比例冰淇淋打發率統計圖

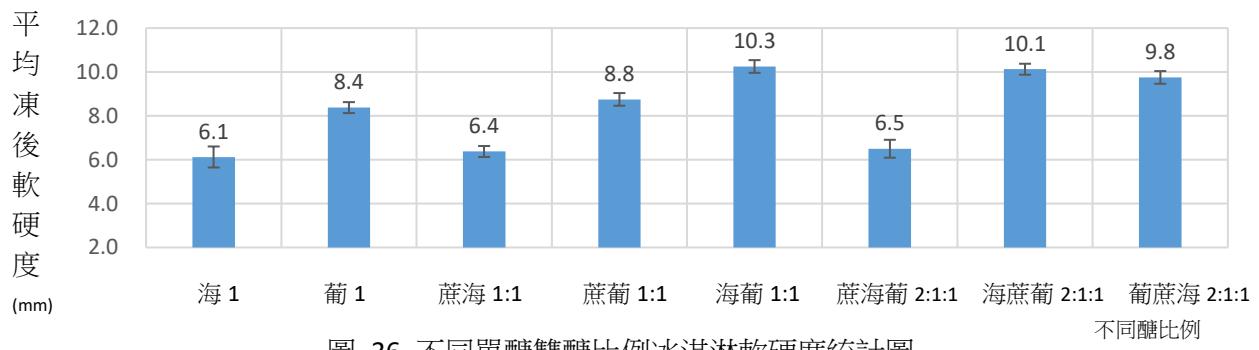


圖 36 不同單醣雙醣比例冰淇淋軟硬度統計圖

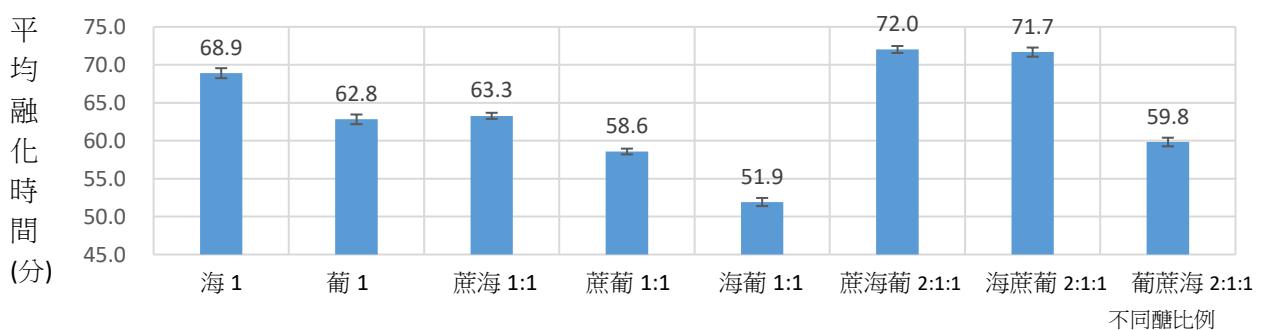


圖 37 不同單醣雙醣比例冰淇淋融化時間統計圖

### 三、實驗討論

- (一) 從製冰後溫度探討，兩種糖(蔗海 1:1、海蘆 1:1)和三種糖(海蘆海 2:1:1、蘆蔗海 2:1:1)混合的配方，表現較佳；含葡萄糖配方製冰後溫度最低，冰點下降效果大，研究推論：葡萄糖屬於單醣，分子量較小，相同重量的情況下莫耳數較高，對降低冰點的作用較強。需要平衡甜度與低溫凍結要求時，可透過混合不同糖種達到合適的製冰溫度。
- (二) 純葡萄糖和蔗海蘆 2:1:1 配方打發率接近 30%，含海藻糖或蔗糖較高的配方則打發過度。研究推論：可能與混合物黏度和水分狀態有關，葡萄糖降低冰點能力強，混合物較稀且形成冰晶較多，打入空氣後泡沫不易穩定；而海藻糖可使混合物較濃稠，利於捕捉氣泡，故打發率偏高。
- (三) 海藻糖配方硬度 6.1mm，蔗海 1:1 配方的硬度 6.4 mm，兩者皆偏硬；另外，海蘆 1:1 硬度 10.3mm、海蘆海 2:1:1 硬度 10.1mm，較接近市售雪o的硬度。
- (四) 抗融性最佳的前三名是，蔗海蘆 2:1:1、海蘆海 2:1:1 和全海藻糖配方，都在 68 分鐘以上。海藻糖含量高的配方融化時間較長，有利於延緩融化，提高口感持久性；含葡萄糖為主的配方雖能快速凍結，但融化速度較快，口感不夠持久。

### 研究四：探討不同成分比例對優格冰淇淋的影響

#### 實驗四-1 比較不同鮮奶與優格量對優格冰淇淋的影響（照片統計圖資料整理：第四作者）

原本希望用最簡單的食材：鮮奶、希臘式優格和蔗糖，製作出滑順的低脂優格冰淇淋。但在實作後發現冰淇淋質地仍然不能滿足研究者的口腹之慾。參考文獻(Carl,2024)後，本研究決定提高冰淇淋液「固形物的比例」，所以在實驗的基本配方中，添加脫脂奶粉和吉利丁粉(膠體)來提高冰淇淋的濃稠度，希望能修正冰淇淋的質地、提高冰淇淋的抗融性。

本實驗規劃以不同鮮奶和優格的比例做為操作變因，想探討：藉由增加優格比例來提高固形物比例，對優格冰淇淋質地、口感與抗融性，分別有哪些影響。

#### 一、實驗設計：

- (一) 控制變因：脫脂奶粉 30g、蔗糖 40g、海藻糖 40g、吉利丁粉 2g、水 10g。  
(二) 操作變因：不同鮮奶與優格量，如表 9。

#### 二、實驗結果：

表 9 不同鮮奶優格量冰淇淋成分比例分析表

##### (一) 固形物比例：如表 9

1. 鮮奶和優格的脂肪比例分別為 3.7% 和 3.8%，故總量固定為 350g，脂肪比例差異不大。
2. 非脂質固形物比例、總固形物比例隨優格量增加而提高。
3. 經過基底成分調整，其中編號

3-2~3-4 的固形物比例，符合義式冰淇淋建議 32%~42%間。

編號	3-1	3-2	3-3	3-4
	奶 320 優 30	奶 230 優 120	奶 140 優 210	奶 50 優 300
脂肪比例	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%
非脂質固形物比例	12.0%	12.9%	13.8%	14.6%
總固形物比	31.3%	32.2%	33.1%	34.0%

(二) 製冰完成後，不同鮮奶優格量冰淇淋質地如圖 38；冷凍 24 小時後，不同鮮奶優格量冰淇淋質地如圖 39

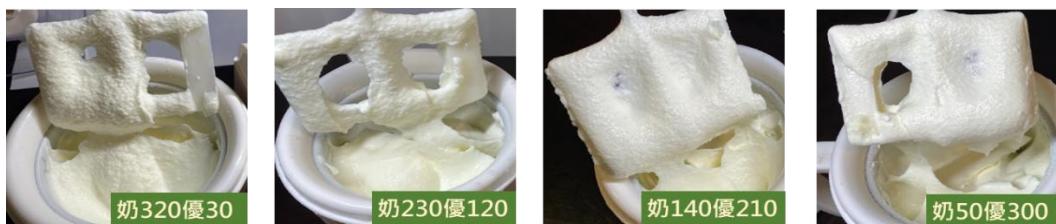


圖 38 不同鮮奶優格量冰淇淋製冰後質地圖

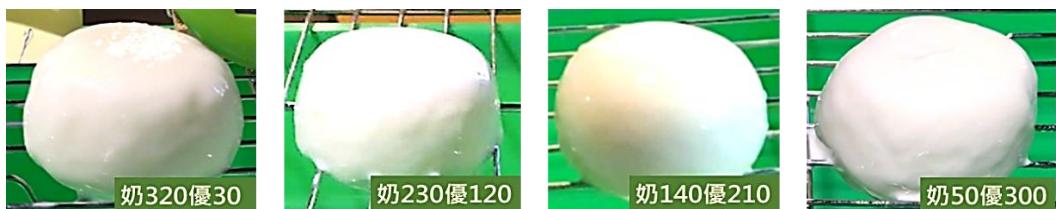


圖 39 不同鮮奶優格量冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

(三) 分析不同鮮奶優格量冰淇淋的質地：如圖 40、圖 41、圖 42、圖 43。

1. 當優格的量增加時，製冰後的溫度有隨之降低的趨勢，且編號 3-3 和 3-4 的配方，製冰後溫度為-5.2°C 和 -5.3°C。
2. 隨著優格量增加，打發率從 47.6% 降至 38.9%，顯示優格量較多的配方含有較少的空氣，質地較為綿密。
3. 冷凍 24 小時後，冰淇淋軟硬度介於 14.8mm~11.3mm 間，結果顯示隨優格量增加，冰淇淋有越硬實的趨勢。
4. 優格量增加，融化時間從 41.4 分，縮短至 37.0 分，抗融性隨優格量降低，融化時間縮短。

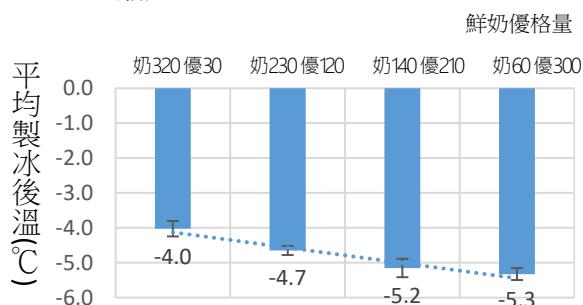


圖 40 不同鮮奶優格量冰淇淋製冰後溫統計圖

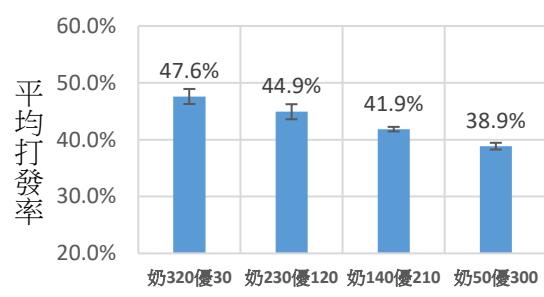


圖 41 不同鮮奶優格量冰淇淋打發率統計圖

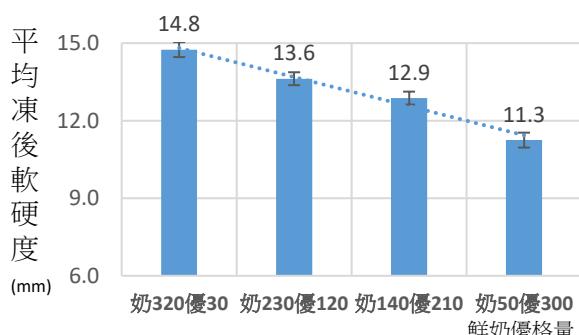


圖 42 不同鮮奶優格量冰淇淋軟硬度統計圖

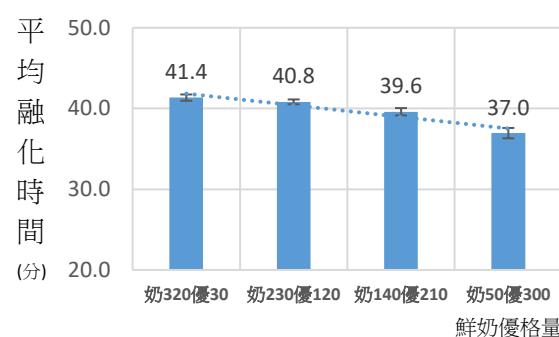


圖 43 不同鮮奶優格量冰淇淋融化時間統計圖

### 三、 實驗討論：

- (一) 編號 3-2~3-4 配方的固形物比例，符合義式冰淇淋建議比例 32%~42%之間，只有編號 3-3 和 3-4 製冰後溫度達-5°C 以下，越過「最大冰晶生成帶」0°C~5.0°C 的區間。
- (二) 編號 3-3 和 3-4 配方的打發率，仍高於義式冰淇淋建議的 25%~30%。
- (三) 編號 3-3 和 3-4 配方的軟硬度接近雪○，比小○口感扎实。
- (四) 本次實驗中，各配方的融化時間，比實驗二中蔗海 1:1(63.3 分)更短；且隨著固形物比例增加，抗融性愈差。本研究推論：固形物比例愈高，抗融性愈差。
- (五) 與實驗二相比，本實驗添加了脫脂奶粉和吉利丁粉，提高固形物比例，降低冰淇淋製冰後的溫度，減少優格冰淇淋的冰晶感，使冰淇淋質地細緻。符合 Carl(2024)所提：非脂質固形物可以提升冰淇淋的質地，彌補家用冰淇淋機冷卻效果不足。
- (六) 編號 3-3 的配方，製冰後溫度達-5°C 以下，冰晶感低，質地細緻，類似細沙般的清爽口感；如果提高脂肪比例、使用不同的脂肪，是否有助於改善冰淇淋的質地？

### 實驗四-2 比較不同粉狀固形物對優格冰淇淋的影響（照片統計圖資料整理：第五作者）

#### 一、 實驗設計：

- (一) 控制變因：鮮奶 140 g、希臘優格 210 g、蔗糖 40g、海藻糖 40g、吉利丁粉 2g、水 10g。
- (二) 操作變因：不同粉狀固形物，各為 30 g，成分分析，如表 10。

表 10 不同粉狀物冰淇淋之成分比例分析表

不同粉	脫脂奶粉	全脂奶粉	高蛋白粉	杏仁粉	芝麻粉
脂肪比例	2.8%	4.6%	3.3%	6.6%	6.1%
非脂固形物比例	13.8%	12.2%	13.6%	10.3%	10.8%
總固形物比例	33.1%	33.3%	33.4%	33.5%	33.4%

#### 二、 實驗結果：

##### (一) 固形物比例：

1. 動物性脂肪的粉狀物，脂肪比例在 2.8%~4.6%間；其中脂肪比例由高到低排序為：全脂奶粉 > 高蛋白粉 > 脫脂奶粉。
2. 杏仁粉和芝麻粉屬於植物性脂肪，脂肪比例分別為 6.6% 和 6.1%。
3. 不同粉狀物的總固形物比例在 33.1%~33.5%間，差異不大。

##### (二) 製冰完成後，不同粉狀固形物之冰淇淋質地如圖 44；凍 24 小時後，不同粉狀固形物冰淇淋質地如圖 45



圖 44 不同粉狀固形物冰淇淋製冰後質地圖



圖 45 不同粉狀固形物冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

(三) 分析不同粉狀固形物冰淇淋的質地：如圖 46、圖 47、圖 48、圖 49。

1. 不同粉狀物製作的冰淇淋，製冰後溫度介在-4.3°C~ -7.3°C間，除了脫脂奶粉外，其他配方均達-5.0°C以下；尤其是杏仁粉可達-7.3°C，全脂奶粉達-6.3°C。
2. 動物性粉狀物製作的冰淇淋，打發率較高，在 35.3%~63.4%間；植物性粉狀物製作的冰淇淋，打發率偏低，在 2.0%~2.7%間。
3. 冷凍 24 小時後，最軟前二名是脫脂奶粉(13.3mm)、全脂奶粉(11.1mm)；最硬實的是杏仁粉(5.3mm)和芝麻粉(5.4mm)；植物性脂肪均比動物性脂肪硬實。
4. 植物性脂肪的抗融性優於動物性脂肪；其中植物性脂肪以芝麻粉最佳，83.2 分；動物性脂肪以全脂奶粉最佳，49.8 分。

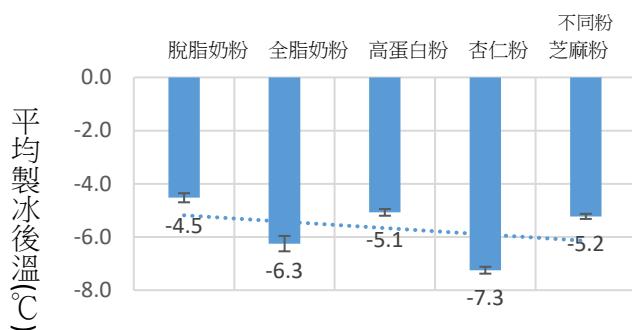


圖 46 不同粉狀固形物冰淇淋製冰後溫統計圖

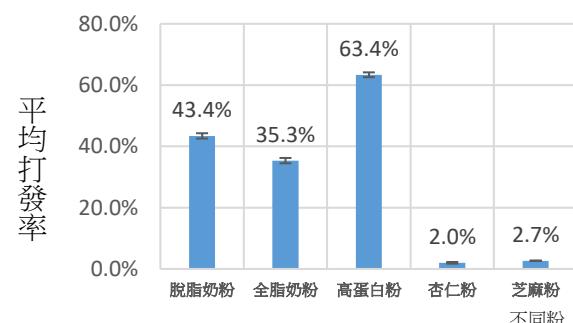


圖 47 不同粉狀固形物冰淇淋打發率統計圖

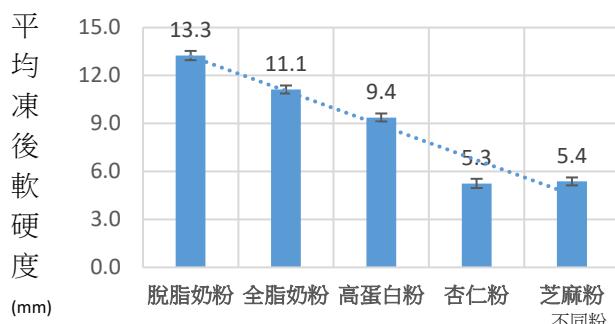


圖 48 不同粉狀固形物冰淇淋軟硬度統計圖

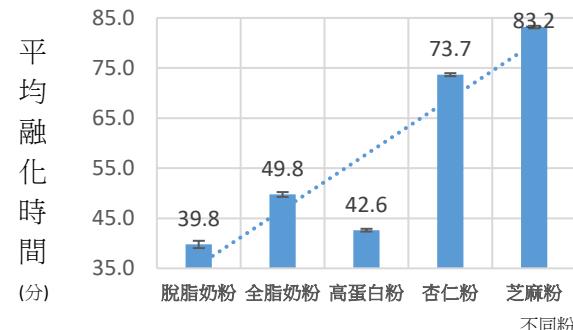


圖 49 不同粉狀固形物冰淇淋融化時間統計圖

### 三、 實驗討論：

- (一) 本次實驗中，不同粉狀物冰淇淋的固形物比例相近，切均符合義式冰淇淋建議比例 32%~42%間，但是在製冰後的溫度、打發率、軟硬度和抗融性的性質表現，呈現出動物性脂肪與植物性脂肪的差異；研究團隊推論，可能是粉末的性質不同所致。
- (二) 使用全脂奶粉的配方，在製冰後的溫度達-6.3°C，打發率 35.3%、軟硬度 11.1mm，且融化時間為 49.8 分，各項數據表現都優於脫脂奶粉；而乳脂肪比例為 4.6%，在義式冰淇淋建議的範圍(4.0%~12%)內，奶香濃郁，且在官能品評整體感受中評價最高，故後續實驗採用此配方深入研究，進一步優化優格冰淇淋的品質。

## 實驗四-3 比較全脂奶粉量對優格冰淇淋的影響（照片統計圖資料整理：第六作者）

### 一、實驗設計：

- (一) 控制變因：鮮奶 140 g、希臘優格 210 g、蔗糖 40g、海藻糖 40g、吉利丁粉 2g、水 10g。
- (二) 操作變因：不同全脂奶粉量，分別為 10g、20g、30 g、40 g，成分分析，如表 11。

表 11 不同全脂奶粉量冰淇淋成分比例分析表

全脂奶粉量	10g	20g	30g	40g
脂肪比例	3.5%	4.1%	4.6%	5.0%
非脂固形物比例	9.9%	11.0%	12.2%	13.2%
總固形物比例	30.7%	32.0%	33.3%	34.5%

### 二、實驗結果：

#### (一) 固形物比例：

全脂奶粉量從 10g 增加到 40g，脂肪比例、非脂質固形物比例和總固形物比例，隨之增加；總固形物比例從 30.7% 上升至 34.5%。

- (二) 製冰完成後，不同全脂奶粉量冰淇淋質地，如圖 50；冷凍 24 小時後，不同全脂奶粉量冰淇淋質地，如圖 51



圖 50 不同全脂奶粉量冰淇淋製冰後質地圖

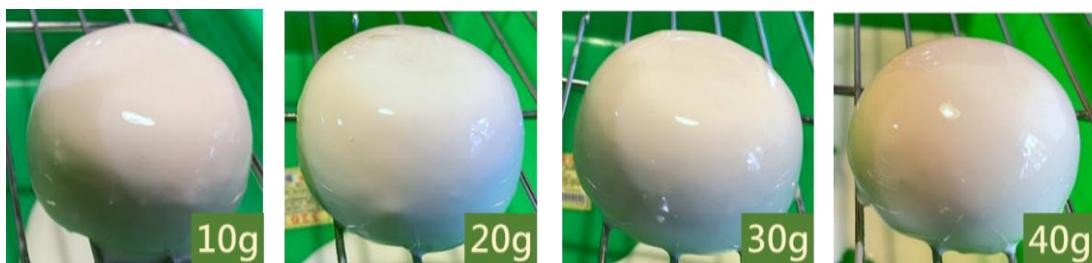


圖 51 不同全脂奶粉量冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

- (三) 分析不同全脂奶粉量冰淇淋的質地：如圖 52、圖 53、圖 54、圖 55 所示。

1. 全脂奶粉量從 10g 增加到 40g，製冰後溫從 -6.1°C 降至 -7.3°C，有隨之降低的趨勢。
2. 添加不同全脂奶粉量的冰淇淋，添加的奶粉越多，打發率也隨之提高，打發率介於 21.8%~38.7% 間。
3. 添加全脂奶粉量從 10g 增加到 40g 的冰淇淋，添加的全脂奶粉越多，冰淇淋較為柔軟，軟硬度介於 7.3mm~12.3mm 間。
4. 冰淇淋的融化時間，隨著全脂奶粉量增加而減少，從 58.4 分降到 43.4 分。

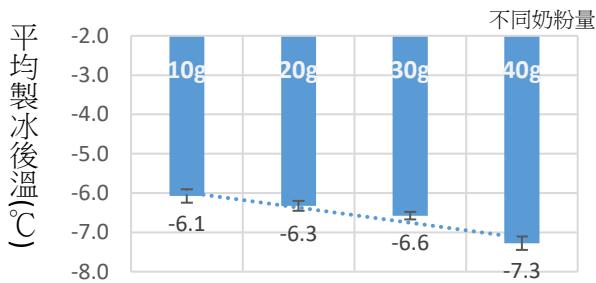


圖 52 不同全脂奶粉量冰淇淋製冰後溫統計圖

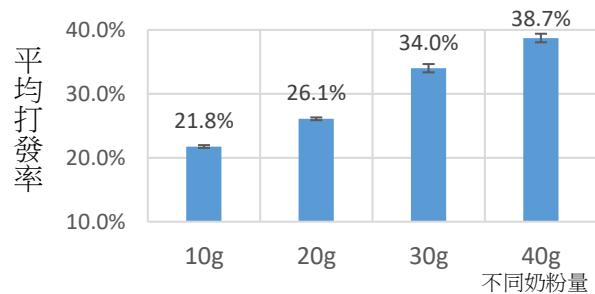


圖 53 不同全脂奶粉量冰淇淋打發率統計圖

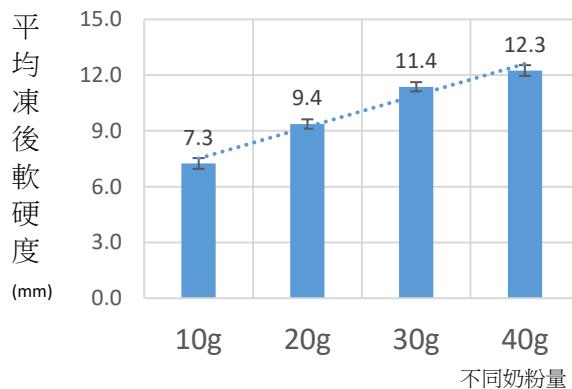


圖 54 不同全脂奶粉量冰淇淋軟硬度統計圖

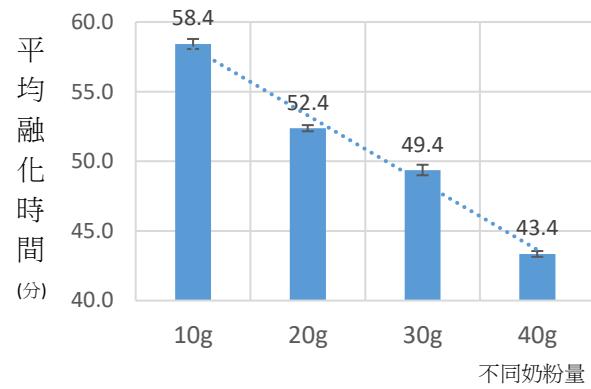


圖 55 不同全脂奶粉量冰淇淋融化時間統計圖

### 三、實驗討論：

- (一) 添加全脂奶粉的冰淇淋，製冰後溫度均達-5.0°C 以下，冰淇淋口感細緻。本研究認為：利用添加全脂奶粉，提供冰淇淋中乳脂肪的比例，有助提升優格冰淇淋的口感。
- (二) 當添加全脂奶粉量為 20g、30g 時，打發率為 26.1%、34.0%，在義式冰淇淋建議的空氣比例為 30%左右（陳謙璿，2022）。
- (三) 當添加全脂奶粉量為 30g 時，軟硬度為 11.4mm，接近市售雪O(11.8mm)。
- (四) 添加全脂奶粉量愈多，有助於提升優格冰淇淋口感綿密，卻降低了抗融性。假若提高吉利丁粉量，對優格冰淇淋的質地、口感、抗融性，又有什麼影響呢？

### 實驗四-4 比較吉利丁粉量對優格冰淇淋的影響（照片統計圖資料整理：第六作者）

#### 一、實驗設計：

- (一) 控制變因：鮮奶 140 g、希臘優格 210 g、蔗糖 40g、海藻糖 40g、全脂奶粉 30g、水 10g。
- (二) 操作變因：不同吉利丁粉量，分別為 1g、2g、3g、4g，成分分析，如表 12。

#### 二、實驗結果：

- (一) 固形物比例：如表 12  
吉利丁粉屬於動物性明膠，屬於其他固形物，添加量為 1~4g，佔冰淇淋的比例不到 1%，對總固形物的比例影響不大。

表 12 不同吉利丁粉量冰淇淋成分比例分析表

吉利丁粉量	1g	2g	3g	4g
吉利丁粉比例	0.2%	0.4%	0.6%	0.8%
總固形物比例	33.1%	33.3%	33.4%	33.5%

(二) 不同吉利丁粉量，冰淇淋液濃稠度，如圖 56



圖 56 不同吉利丁粉量，冰淇淋液濃稠度

(三) 製冰完成後，不同吉利丁粉量冰淇淋的質地，如圖 57；冷凍 24 小時後，不同吉利丁粉量冰淇淋的質地，如圖 58

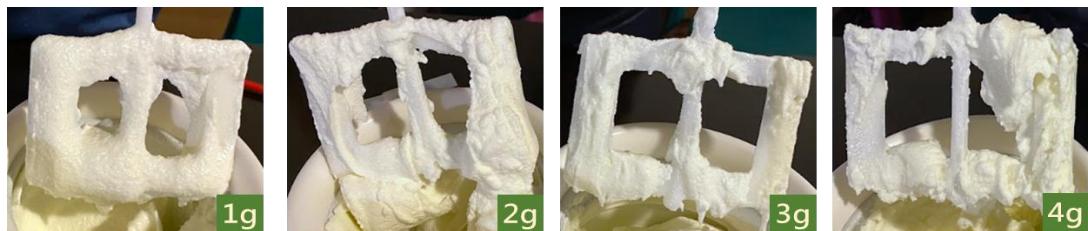


圖 57 不同吉利丁粉量冰淇淋製冰後質地圖

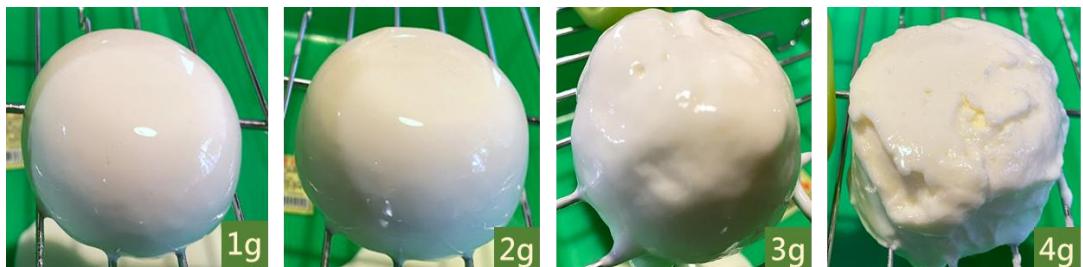


圖 58 不同吉利丁粉量冰淇淋冷凍 24 小時後質地圖

(四) 分析不同吉利丁粉量冰淇淋的質地：如圖 59、圖 60、圖 61、圖 62。

1. 吉利丁粉量從 1g~4g，製冰後溫度從-5.9°C 降至-7.4°C，有隨之降低的趨勢。
2. 不同吉利丁粉量的冰淇淋，添加量越多，打發率也隨之降低，打發率從 39.1% 降到 30.8%。
3. 添加的吉利丁粉越多，冰淇淋越硬實，軟硬度從 12.4mm 降到 5.3mm。
4. 冰淇淋的融化時間，隨著吉利丁粉量增加而提升，介於 48.2 分鐘~66.4 分鐘。

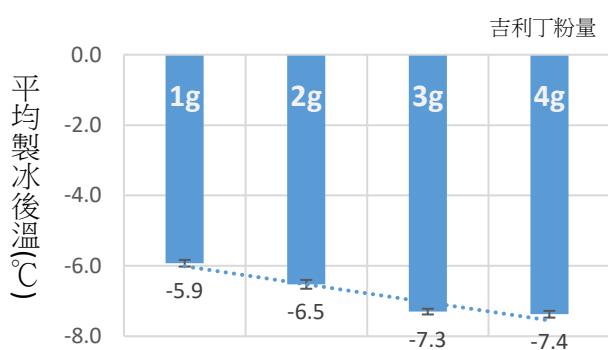


圖 59 不同吉利丁粉量冰淇淋製冰後溫統計圖

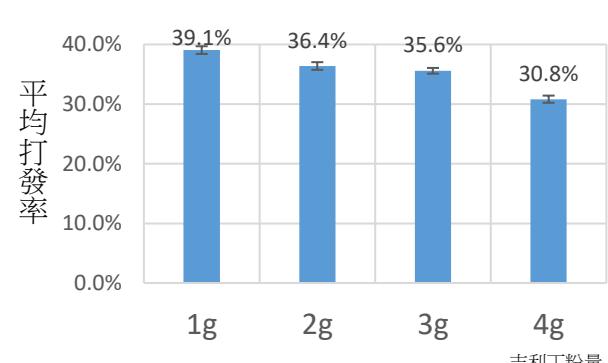


圖 60 不同吉利丁粉量冰淇淋打發率統計圖

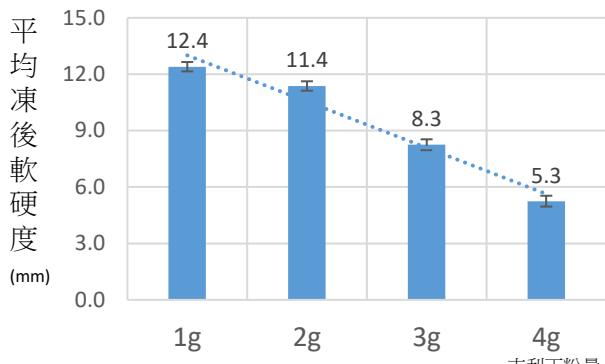


圖 61 不同吉利丁粉量冰淇淋軟硬度統計圖

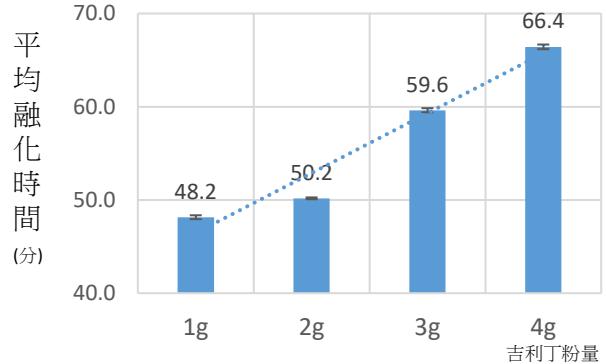


圖 62 不同吉利丁粉量冰淇淋融化時間統計圖

### 三、實驗討論：

- (一) 本實驗使用吉利丁粉 1~4g，雖然佔冰淇淋的比例不到 1%，但影響冰淇淋的質地效果顯著。
- (二) 吉利丁粉量愈多，製冰後的表面溫度愈低，冰晶感愈低；而打發率愈低、且抗融性愈佳。符合 Carl(2024)所提：穩定劑可以改善冰淇淋的質地和結構，減少冰晶的形成，讓冰淇淋口感綿密，並能吸收固定液體，減緩冰淇淋融化速度，也可以彌補家用冰淇淋機冷卻效果不足。
- (三) 值得注意的是，吉利丁粉量愈高，抗融性愈好；但是，優格冰淇淋愈硬，口感愈扎實。

### 研究五：官能品評單嗜好性分析

#### 分析五-1 不同單醣雙醣比例之優格冰淇淋接受度品評（統計圖繪製：第五作者）

##### (一) 實驗設計：

試吃品評員為本校高年級學生，回收有效問卷共 32 份，盲測，五分制，設計 google 表單，平均 3 分以下代表不喜歡，3 分以上代表喜歡，分數越高代表喜好程度越高。

試吃品平實驗二-2 不同單醣雙醣比例冰淇淋。

##### (二) 實驗結果、討論：如圖 63

1. 品評員對於本研究的八個配方，在外觀、甜度、綿密感、細緻感、口中融化速度和整體感受，這 6 個項目上的平均給分，介於 2.50~3.94 間，均高於中間值。
2. 其中蔗糖比例就高的配方(編號 C、D、F)，在外觀、甜度、綿密感、細緻感和整體感受上得分較高，但是在口中融化速度，得分均低於 2.72，顯示這些配方仍有再調整改善的空間。
3. 蔗海 1:1(蔗 40g 海 40g)的配方，獲得品評員最高評分 3.81 分，故本研究採取此配方進行後續實驗，希望透過成分再調整，提高外觀、綿密感、細緻感與口中融化速度。

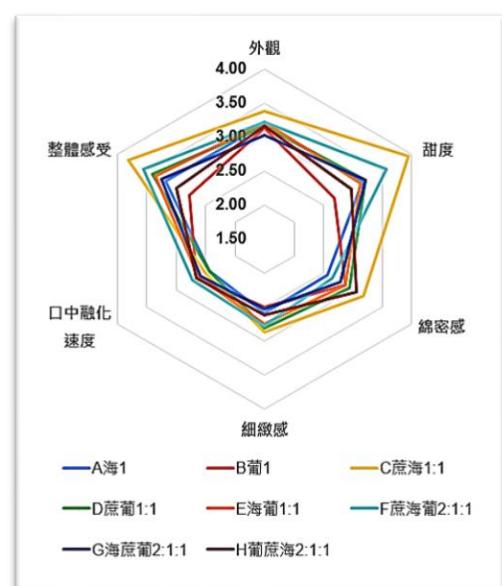


圖 63 不同單醣雙醣量嗜好性品評統計圖

## 分析五-2 不同粉狀固形物之優格冰淇淋接受度品評

(一) 實驗設計：品評實驗四-2 不同粉狀固形物冰淇淋。

(二) 實驗結果、討論：如圖 64

- 植物性脂肪(杏仁粉和芝麻粉)的口中融化速度明顯高於動物性脂肪(脫脂奶粉、全脂奶粉和高蛋白粉)。
- 品評員對於動物性脂肪的整體感受得分較高(3.31 以上)；植物性脂肪的粉末感明顯，且搭配優格的味道獨特，接受度普遍較低(1.56 以下)。研究顯示：冰淇淋的成分，可真實呈現冰淇淋的風味口感。
- 整體感受以全脂奶粉評價最高(4.34)，但是全脂奶粉的配方，口中融化速度快，抗融性仍差，故本研究後續擬探討改變全脂奶粉量和吉利丁粉量，是否有助於進一步優化冰淇淋品質。

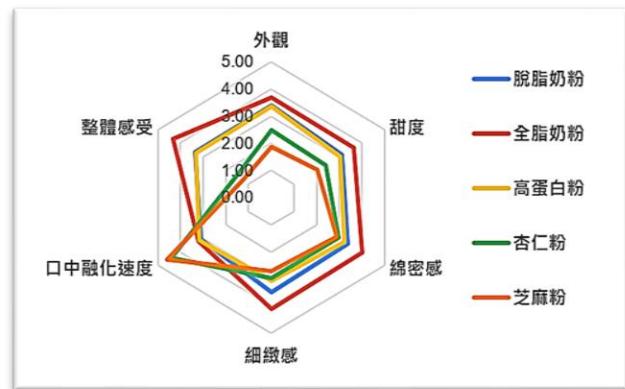


圖 64 不同粉狀物嗜好性品評統計圖

## 分析五-3 市售與自製冰淇淋接受度品評

(一) 實驗設計：比較市售與自製配方。自製配方為：鮮奶 140g、希臘式優格 210g、蔗糖 40g、海藻糖 40g、全脂奶粉 30g、吉利丁粉 2g、水 10g。

(二) 實驗結果、討論：如圖 65

- 自製冰淇淋與市售小○在外觀、甜度、綿密感、冰晶感項目，得分接近，介於 4.03~4.28 的區間。但是在整體感受上，自製冰淇淋略勝一籌( $4.34 > 2.94$ )，品評員表示，小○過於甜膩；自製冰淇淋風味濃郁，質感風味感受較佳。
- 自製冰淇淋與市售雪○口中融化速度較慢；而在外觀、甜度、整體感受上，得分接近；但是在綿密感和冰晶顆粒感，自製配方均勝出。
- 本研究彙整雪○與自製優格冰淇淋的比較結果，詳見表 13。研究顯示，自製優格冰淇淋在性價比方面具有顯著優勢，適合注重健康飲食者自製參考。

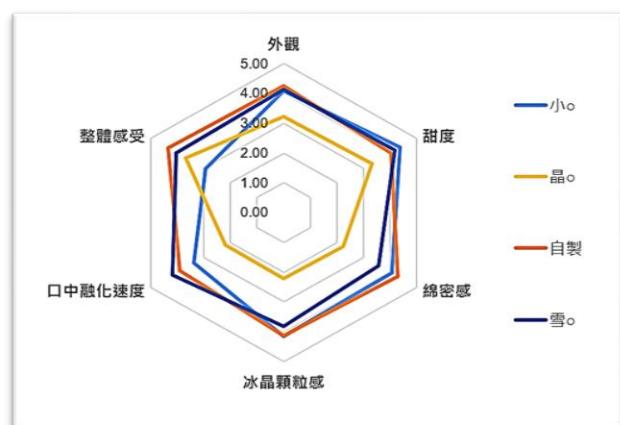


圖 65 市售與自製冰淇淋嗜好品評分析統計圖

表 13 雪○與自製優格冰淇淋比較表

項目	市售 雪○	自製配方 B
脂肪	👉 3g	約 4.6g
蛋白質	2.7g	👉 5.3g
糖	20.3g	👉 約 16.1g
熱量	👉 125 大卡	約 129.7 大卡
價格	約 79 元	👉 約 20 元

(單位/100g)

## 伍、討論

一、本研究建議使用希臘式優格取代鮮奶油，並透過調整全脂奶粉的量，添加吉利丁粉，讓優格冰淇淋更健康、口感更綿密。整理本研究建議之不同的配方，配方 A 清淡爽口，配方 B 綿密滑順，如表 14，供製作時參考。配方 A 的冰淇淋口感清爽，但是冷凍後，容易有崩塌、分離的現象，本研究推論是固形物比例較低，且未添加穩定劑(吉利丁粉)所致；配方 B 的冰淇淋，使用義式冰淇淋建議的成分比例，不僅口感綿密滑順，冰淇淋在冷凍後也呈現較穩定狀態。

表 14 建議低脂優格冰淇淋的建議配方表 (表格由第四作者整理)

組別 材料	配方 A		配方 B	
	重量(g)	成分占比/口感	重量(g)	成分占比/口感
全脂鮮奶	340		140	
希臘式優格	100		210	
糖 蔗糖	40	脂肪比例 3.2%	40	脂肪比例 4.6%
	40	非脂質固形物比例 7.8%	40	非脂質固形物比例 12.2%
全脂奶粉	0	糖比例 14.6%	30	糖比例 16.1%
吉利丁粉	0	總固形物比例 25.6%	2	其他固形物 0.4%
水	0	口感： 清淡爽口	10	總固形物比例 33.3%
總重量	520		472	口感：綿密滑順

二、茲整理自製配方 A 與配方 B 之冰淇淋的平均軟硬度程度、平均融化時間，如圖 66 所示，可依個人喜好，參考調整。

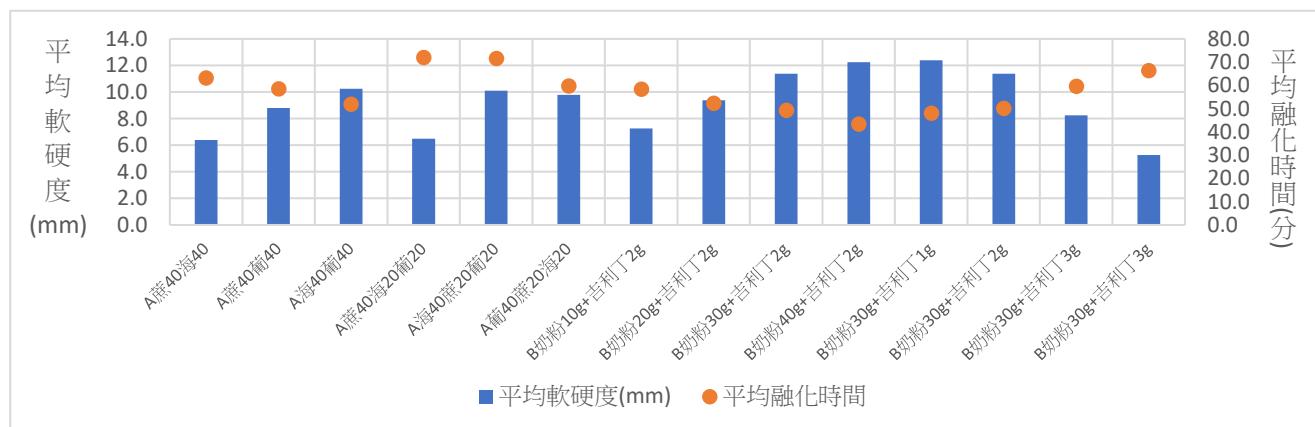


圖 66 配方 A 與配方 B 冰淇淋軟硬度程度和融化時間統計圖 (統計圖由第二作者整理)

三、本研究歸納優格冰淇淋成分對口感的影響：

1. 脂肪：可以增加冰淇淋入口時的滑順感，使風味厚實，量多口感厚重濃郁，量少口感清淡爽口。乳脂中含有少量的磷脂質(phospholipid)，尤其是卵磷脂（Lecithin）是天然的乳化劑，可以幫助脂肪和水分的混合，使冰淇淋更加細緻。
2. 非脂質固形物：包括蛋白質、乳糖、礦物質、維生素，可穩定冰淇淋組織結構。如果非脂質固形物太少，冰淇淋冰涼稀薄；太多會導致冰淇淋質地呈現細沙感。

3. 糖：蔗糖多的情況下，甜度較高，風味強，黏稠度較高，增加冰淇淋柔軟性；蔗糖少的情況則相反。雙醣(蔗糖、海藻糖)具有高黏度效果，使氣泡在打發過程中不易破裂，打發率較高；而單醣(葡萄糖)水溶性極高但黏度低，過多會使混合液體太稀，難以支撐氣泡結構，導致打發率較低。另外，雙醣能降低游離水分，抑制冰晶快速結合，使冰淇淋口感較軟；單醣則更容易與水結晶化，使冰淇淋結構較硬實。本研究推論：不同醣類會影響冰淇淋中乳脂和蛋白質的交互作用，影響冰淇淋的硬度與在口中融化速度。
4. 穩定劑：具高度保水性，冰淇淋中的水分未完全凍結容易受溫度影響，穩定劑可以吸收部分融化的水分，防止大冰晶生成，讓冰淇淋的材料能更好的結合，避免分離，讓冰淇淋品質穩定。
5. 空氣：「打發率」用來表示冰淇淋中包覆了多少的空氣量。冰淇淋凝結時，空氣能增加柔滑度，讓口感更輕盈，使甜度、冰涼感降低。冰淇淋的風味會因空氣含量而有所不同，空氣含量越高，味道越淡薄。
6. 冰晶：剛製作完的冰淇淋，通常溫度會落在-5°C ~ -8°C，狀態不穩定，必須透過急速冷凍，使溫度快速降到-12°C ~ -15 °C，快速凍結水分，讓冰淇淋結構完整、口感綿密。
7. 本研究發現：製冰完優格冰淇淋的軟硬度、質地、風味與急速冷凍 24 小時後不同。

## 陸、結論

### 一、建立冰淇淋質地的測量方法

1. 傳統以橡皮筋或鐵筷自由落體為基礎的裝置易受人為操作影響。為提升測量的客觀性與重現性，團隊研發出第四代硬度測量裝置。此裝置採用雷射切割木製結構與電磁鐵，結合遙控開關與加長刻度軌道，來控制鐵釘自由落體，透過拍照放大的方式判讀軟硬度數據，大幅減少人為誤差，提升量測準確度。
2. 整理建立四項評估指標，作為評估冰淇淋品質參考：
  - (1) 固形物比例：計算脂肪、非脂質固形物、糖及其他固體的比例，以評估冰淇淋中固體與液體的平衡程度。義式冰淇淋的固形物比例建議在 32% ~ 42%（陳謙璿，2022），確保產品口感與結構穩定性。
  - (2) 打發率（Overrun）：冰淇淋製程中拌入空氣的程度，反映冰淇淋的綿密度。義式冰淇淋建議打發率約為 30%（陳謙璿，2022）。
  - (3) 製冰後溫度：冰淇淋製冰後低於 -5°C，將有助於抑制大冰晶的生成（陳謙璿，2022），提升口感細緻度。
  - (4) 融化時間：用來評估冰淇淋在口中融化時間的長短。

### 二、比較「市售」、「食譜配方」與「自訂配方」優格冰淇淋性質

市售小○脂肪含量最高、固形物比例接近義式冰淇淋標準，質地柔軟但抗融性較差；雪○糖比例最高，抗融性最佳但整體固形物比例略低。冰淇淋機建議食譜含鮮奶油，製冰後溫度較低 (-5.1°C)，打發率接近義式標準，品質穩定；本研究初步自製配方，參考雪○的成分，使用鮮奶和希臘式優格為基底，但是打發率偏高 (61.1%)，口感較硬實。

### 三、探討添加蔗糖的比例對優格冰淇淋性質的影響。

1. 在相同基礎配方下調整蔗糖量（20g–80g），蔗糖比例增加會提升總固形物比例，使打發率下降、質地更為綿密，同時製冰後溫度略降、冰淇淋冷凍後更柔軟，但抗融性降低、融化時間縮短。雖然提高蔗糖比例改善口感與硬度，總固形物比例（26.3%）與打發率（42.5%）仍未達義式冰淇淋標準。本研究認為 80g 蔗糖量(糖比例 15.4 %)的配方甜度偏高，將以甜度較低的替代糖進行改良。
2. 海藻糖及其混合配方整體表現較佳，可保持冰淇淋結構穩定，但打發率偏高；純葡萄糖配方雖能快速降低冰點，但融化迅速且硬度偏高。研究建議以海藻糖為主要甜味來源，適量混合蔗糖，以達到最佳的風味與口感。

### 四、探討基本成分比例對優格冰淇淋的影響。

1. 於固定基礎配方下調整鮮奶與優格量，發現優格量增加未明顯改變脂肪比例，可提升非脂質固形物與總固形物比例，使製冰後溫度降至 -5°C 以下，有助降低冰晶感並形成綿密細緻的口感。隨優格比例提升，打發率下降、冰淇淋硬度提高，但融化時間縮短。
2. 在固定冰淇淋配方中添加不同粉狀固形物（動物性：脫脂奶粉、全脂奶粉、高蛋白粉；植物性：杏仁粉、芝麻粉）後發現，雖總固形物比例相近（約 33%），但「動物性與植物性」這兩種不同脂肪來源的粉狀固形物，會影響冰淇淋的質地、口感、風味與融化時間。粉狀固形物採用動物性脂肪的冰淇淋，質地細緻，口感較軟，抗融性較差；採用植物性脂肪的冰淇淋，口感硬實，抗融性較佳。全脂奶粉在動物性脂肪的組別中，各項指標數據最佳，製冰後溫度達 -6.3°C、打發率適中（35.3%）、口感綿密，整體接近義式冰淇淋標準，兼顧風味與健康。
3. 隨全脂奶粉量增加，脂肪與總固形物比例提升、製冰後溫度降低（最低達 -7.3°C），有助形成細緻冰晶。打發率隨之提升，質地更柔軟綿密，添加全脂奶粉 30g 的配方，軟硬度接近市售雪○；然而，奶粉量越多，融化時間縮短，抗融性降低。
4. 吉利丁粉添加量（1g–4g），雖添加比例不到 1%，但對冰淇淋性質影響明顯。隨吉利丁粉增加，製冰後溫度降低（最低達 -7.4°C）、打發率下降、冰淇淋更為硬實，融化時間延長（最高 66.4 分鐘），顯著提升抗融性。結果符合 Carl(2024)所敘述：穩定劑有助改善結構、減少冰晶，提升質地與保存性。

### 五、藉由官能品評單提供兼具口感與健康的優格冰淇淋，供自製時參考。

六、研究顯示，透過調整優格、鮮奶、蔗糖、粉狀固形物與吉利丁粉的比例，可有效影響優格冰淇淋的質地、口感與抗融性。蔗糖可提升滑順度但降低抗融性；優格增加可生成細緻冰晶，但口感偏硬；全脂奶粉有助奶香與穩定性，添加須適量；吉利丁粉能提升抗融性但過量會使口感變硬。本研究建議優格冰淇淋配方：**乳製品的脂肪 4.6%、非脂質固形物 12.2%、糖 16.1%、吉利丁粉 0.4%**，製冰冷凍後，媲美鮮奶油冰淇淋口感綿密、品質穩定。健康飲食需求者可依個人口感需求進行調整，以達到理想的質地、口感與抗融性。

## 柒、未來研究方向

- 一、探索不同糖種組合對口感、凍結與抗融性的影響：研究發現不同單醣與雙醣的比例會影響製冰後溫度、打發率、軟硬度和融化時間。本研究推薦海藻糖為主要甜味來源，並適量混合蔗糖或少量葡萄糖，但不同的組合對冰點下降、黏度和冰晶形成的具體影響機制仍可深入探討，以找到最佳的醣類配比，平衡甜度、口感和冷凍穩定性。
- 二、深入研究穩定劑（如吉利丁粉）的最佳添加量與作用機制：研究顯示微量的吉利丁粉即可顯著影響冰淇淋性質，增加吉利丁粉量能降低製冰後溫度、提高硬度和抗融性。未來的研究可以探索其他類型的穩定劑或乳化劑，評估它們在優格冰淇淋體系中的效果。
- 三、擴大官能品評的範圍與細節：可擴大品評員的年齡層或背景，並設計更詳細的品評項目，以獲得更全面的消費者喜好數據，為配方優化提供更多依據。
- 四、探討優格中益生菌的存活率與活性：本研究強調使用富含益生菌的希臘式優格製作冰淇淋以兼顧健康。未來的研究可以評估在冰淇淋製作、冷凍和儲存過程中，優格中的益生菌存活率和活性，以確保冰淇淋確實具有益生菌的健康效益。

## 捌、參考文獻資料

- 一、郭書帆、周榆庭、薛欣晏、李瑄芮、林歲歲和葉宸妤(2024)。冰雪淇緣。中華民國第 64 屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/64/pdf/NPHSF2024-082910.pdf?0.038835742976516485>
- 二、劉姵辰、林廷恩和彭湘甯 (2022)。冰雪奇緣的秘密～天然美味冰淇淋製成之探究。新竹市第四十屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <https://reurl.cc/Eglzrm>
- 三、陳謙璿(2022)，《冰淇淋風味學 Gelato&Sorbet》。麥浩斯：台灣。
- 四、楊祐宇、涂宇軒和伍恩霈(2019)。低脂冰淇淋與物理的火花。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-032917.pdf>
- 五、蔡嘉珉、阮毅翔和劉閔忻人(2015)。低脂米飯冰淇淋之製作。。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/55/pdf/091401.pdf>
- 六、羅亞萱、周恩美、曾玟綾和陳昱炆 (2019)。小冰立大功，冰淇淋來瘋。全國高級中等學校專業群科 108 年專題及創意製作競賽「專題組」作品說明書。取自 <https://reurl.cc/ZZ37GI>
- 七、Carl(2024)。Ice Cream Science。取自 <https://www.dreamscoops.com/ice-cream-science/>。(檢索日期：2024 年 10 月 31 日)

## 【評語】082917

1. 為解決市售冰淇淋高脂高熱量造成健康負擔之問題，本研究以希臘式優格取代鮮奶油，參考義式冰淇淋做法，探討不同糖量、鮮奶優格量、粉狀固形物及吉利丁粉等對冰淇淋的影響。本研究提出希臘式優格冰淇淋配方，低脂且富含益生菌，並以官能品評做嗜好分析。主題明確且聚焦，研究成果具實用價值。
2. 本研究自製硬度測量設備，並逐步改進，以提升量測準確度。且使用科學化可量化之指標，探討各變因對冰淇淋質地之影響。
3. 作者們了解作品的基本科學原理，展示海報資料有邏輯性，有清晰的圖表和說明，並構思未來進一步研究方向。

作品海報



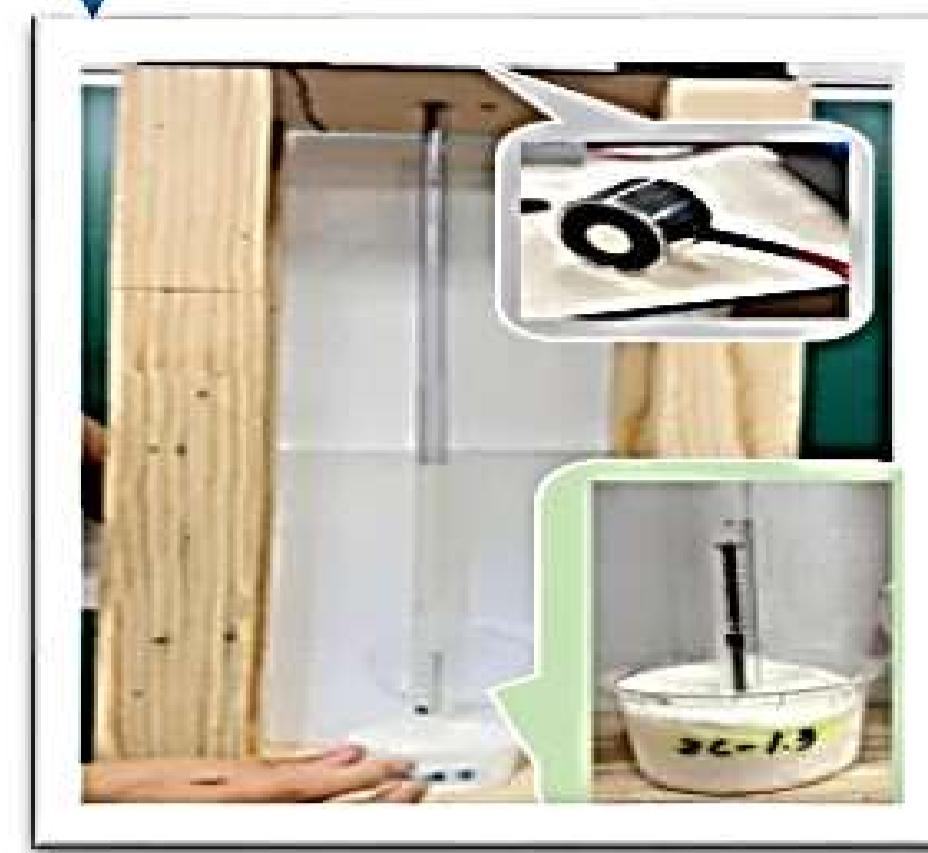
低脂優格冰淇淋製作之探討與分析



## 摘要

### 質地檢驗

- 固形物比例
- 製冰後溫
- 軟硬度
- 打發率
- 抗融性

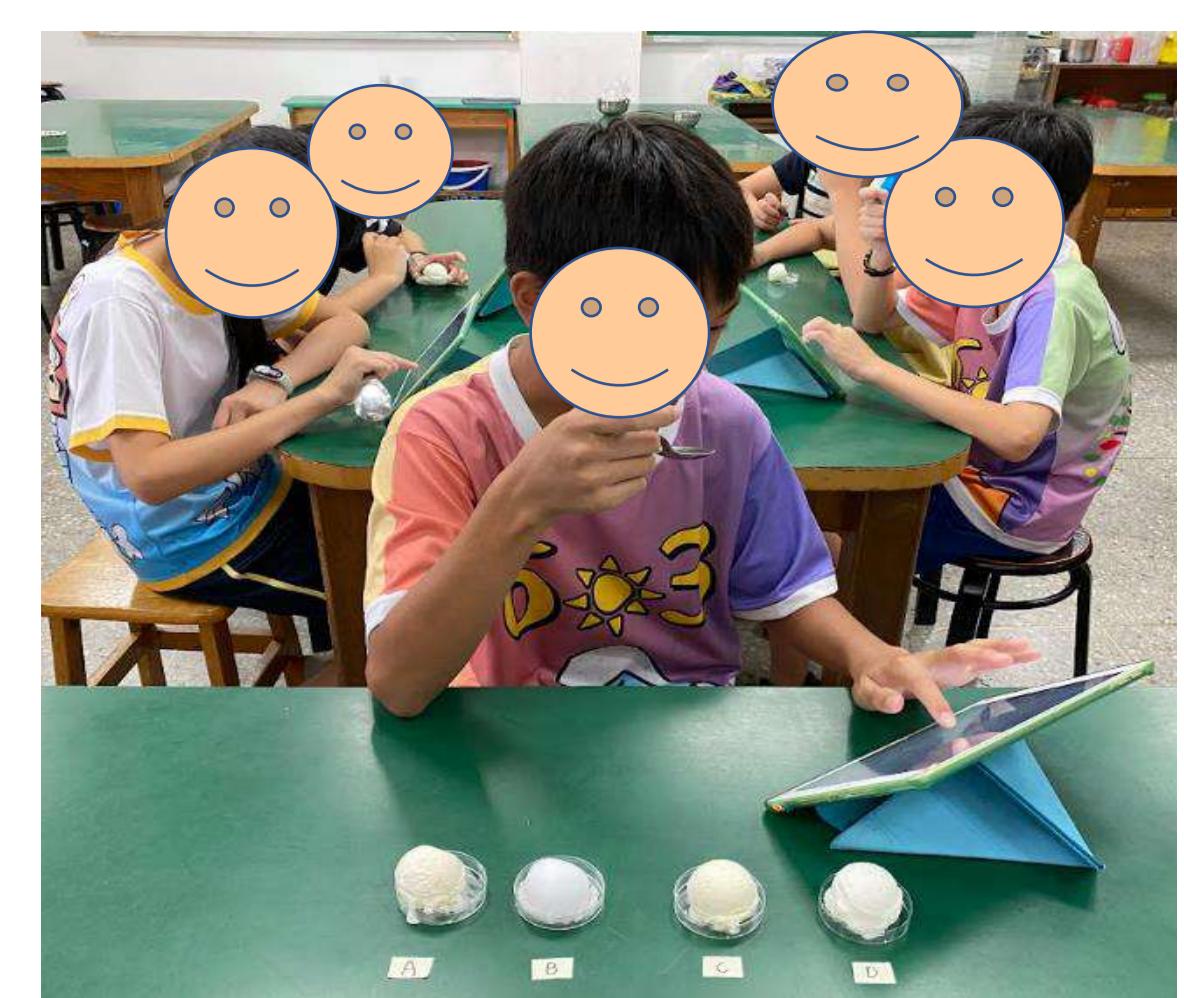


電磁鐵控制鐵釘  
測試冰淇淋軟硬度

### 希臘式優格 冰淇淋研究

### 建議成分比例

- 乳製品脂肪4.6%
- 非脂質固形物12.2%
- 糖16.1%
- 吉利丁粉0.4%

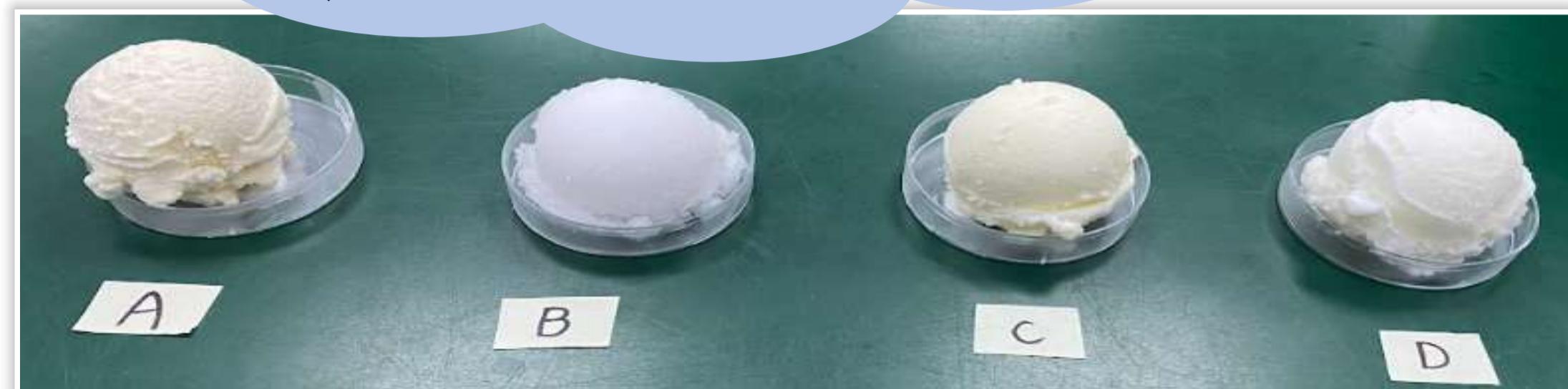


### 亮點

- 希臘式優格取代鮮奶油
- 義式冰淇淋Gelato做法
- 建議配方供健康訴求者參考

### 實驗結果

- 糖量↑滑順度↑
- 固形物比例↑質地↑
- 全脂奶粉↑風味↑
- 吉利丁粉↑抗融性↑



(第三作者繪製整理)

**Guess which one we did?**

## 壹 前言

### 一、研究動機

- 滿足口腹之慾的健康冰淇淋？
- 希臘式優格取代鮮奶油可行嗎？
- 自製冰淇淋質地綿密，口感細緻，可能嗎？

### 二、研究目的

- 建立冰淇淋質地的測量方法。
- 比較「市售」、「食譜」與「自訂」優格冰淇淋性質。
- 探討添加糖的比例對優格冰淇淋性質的影響。
- 探討基本成分比例對優格冰淇淋的影響。
- 藉由官能品評單提供優格冰淇淋配方，供自製時參考。

### 三、文獻探討

冰淇淋相關研究分析 (來源：由第二作者整理)

來源	屆別	篇名	文獻編號	脂肪		糖	無脂質固形物	其他固形物
				動物性	植物性			
全國科展	64	冰雪奇緣	一	鮮奶油 牛奶	鮮奶油 (含有較多不飽和脂肪)	葡萄糖 蔗糖 糖粉	---	---
	59	低脂冰淇淋與物理的火花	四	鮮奶油 牛奶	---	煉乳	---	---
	55	低脂米飯冰淇淋之製作	五	全脂奶粉	---	蔗糖	各式米飯取代鮮奶油 香草粉	脂肪酸甘油酯 海藻酸鈉
竹市科展	40	冰雪奇緣的秘密～冰淇淋製成探究	二	鮮奶油 牛奶 全脂奶粉	橄欖油、花生油	---	各式米食 芋頭 水果	蛋黃
高中專題	108年	小冰立大功，冰淇淋來瘋	六	鮮奶油 (減量) 全脂奶粉	---	蔗糖	香草粉	脂肪酸甘油酯 植物性膠質取代部分鮮奶油 海藻酸鈉

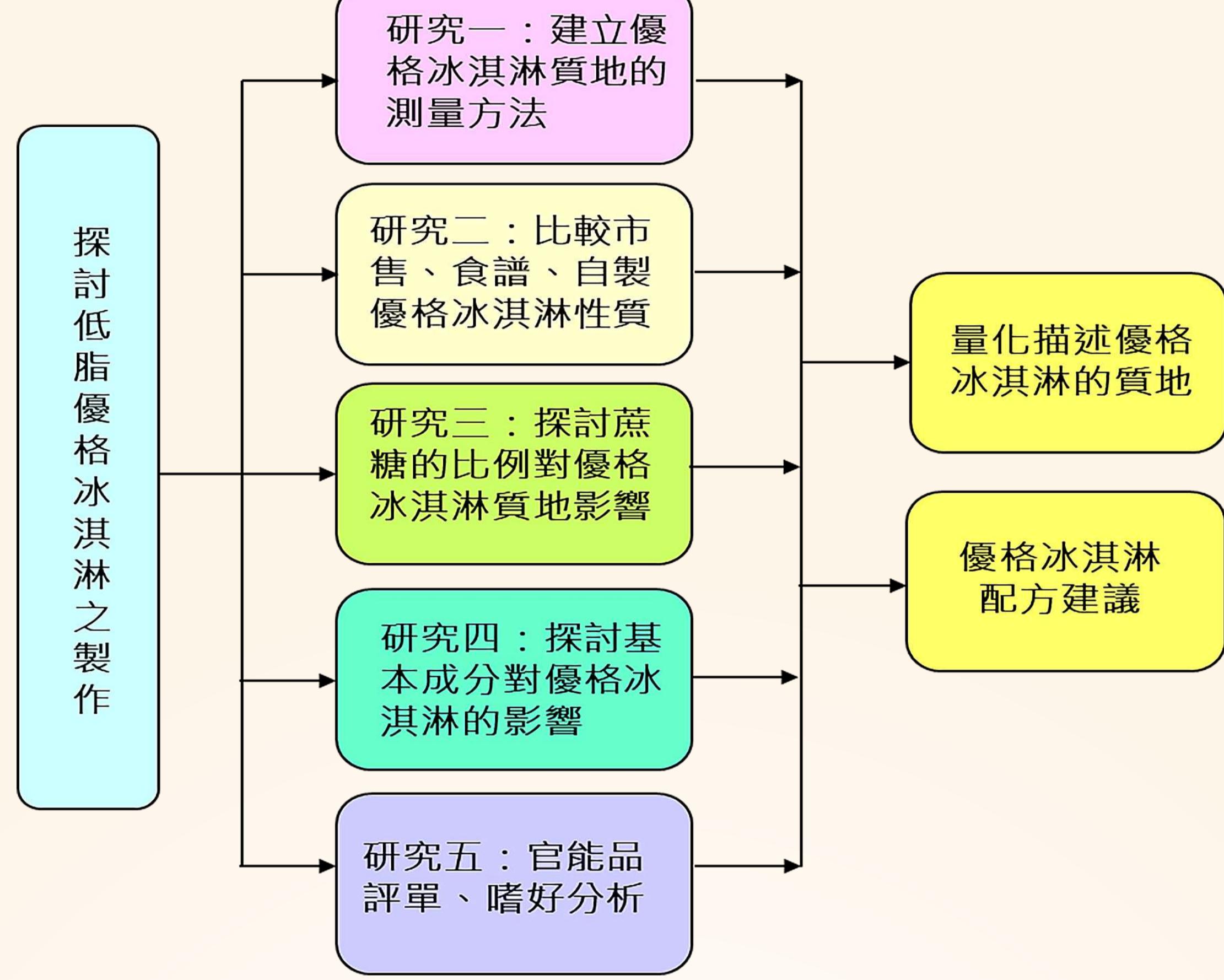
## 貳 研究設備及器材

(第四作者整理)

鮮奶油	優酪乳	鮮奶	希臘式優格	蔗糖
海藻糖	葡萄糖	吉利丁粉	脫脂奶粉	全脂奶粉
高蛋白粉	杏仁粉	黑芝麻粉	果汁機	冰淇淋機

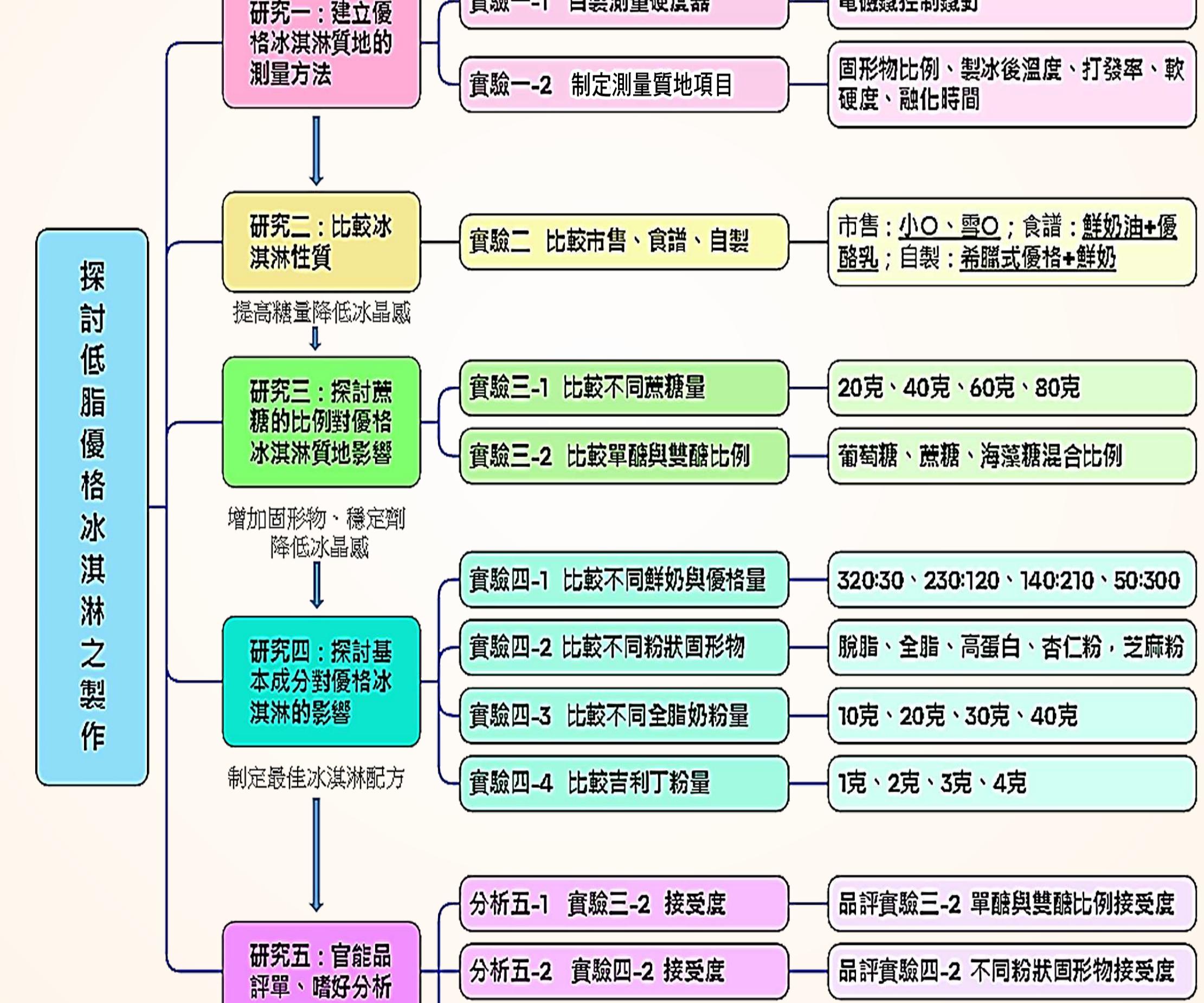
### 一、實驗架構圖

(第三作者繪製整理)



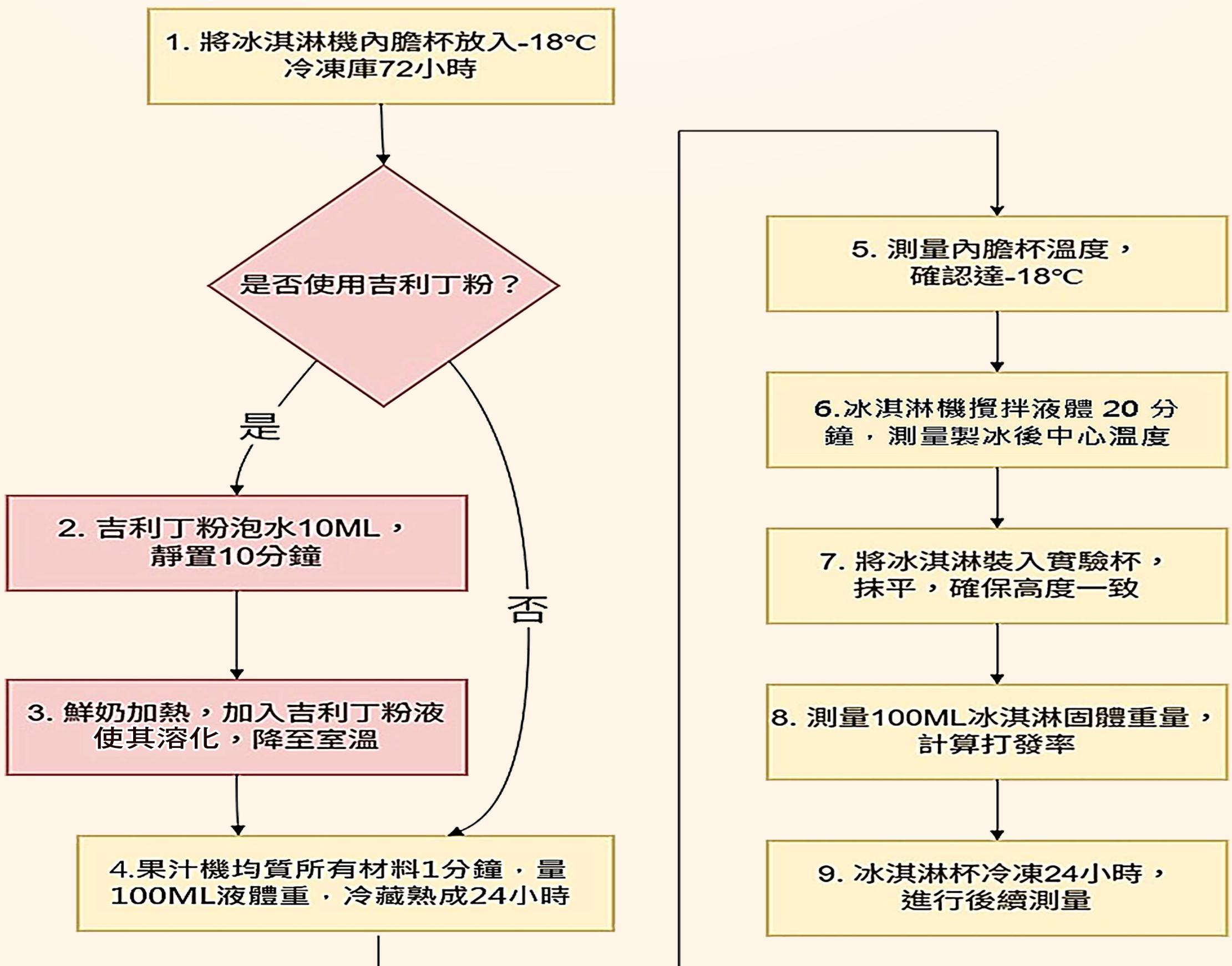
### 二、實驗流程圖

(第三作者繪製整理)



### 三、製冰流程圖

(第一作者繪製整理)

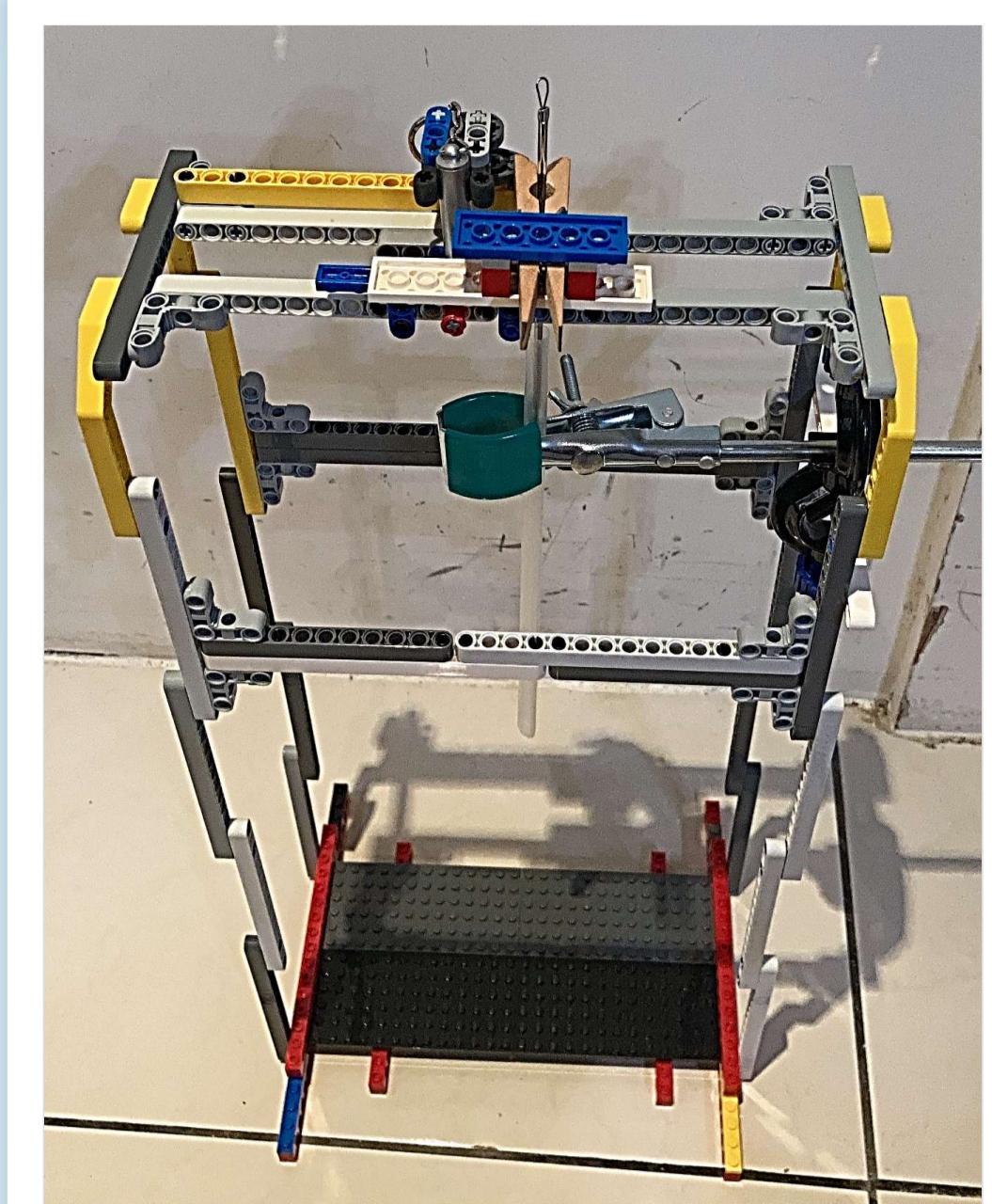




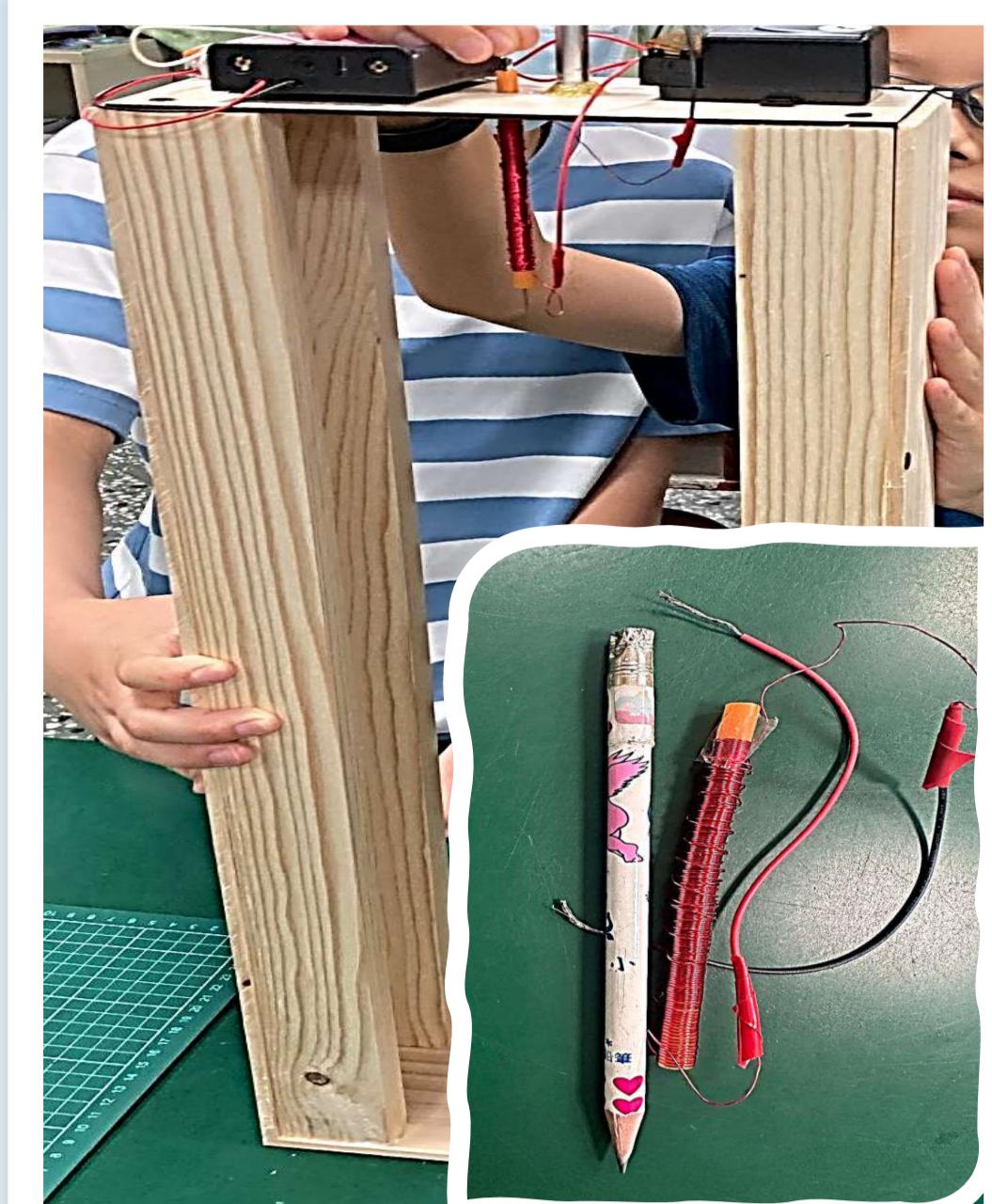
# 肆 研究過程與結果

## 研究一：建立優格冰淇淋質地的測量方法

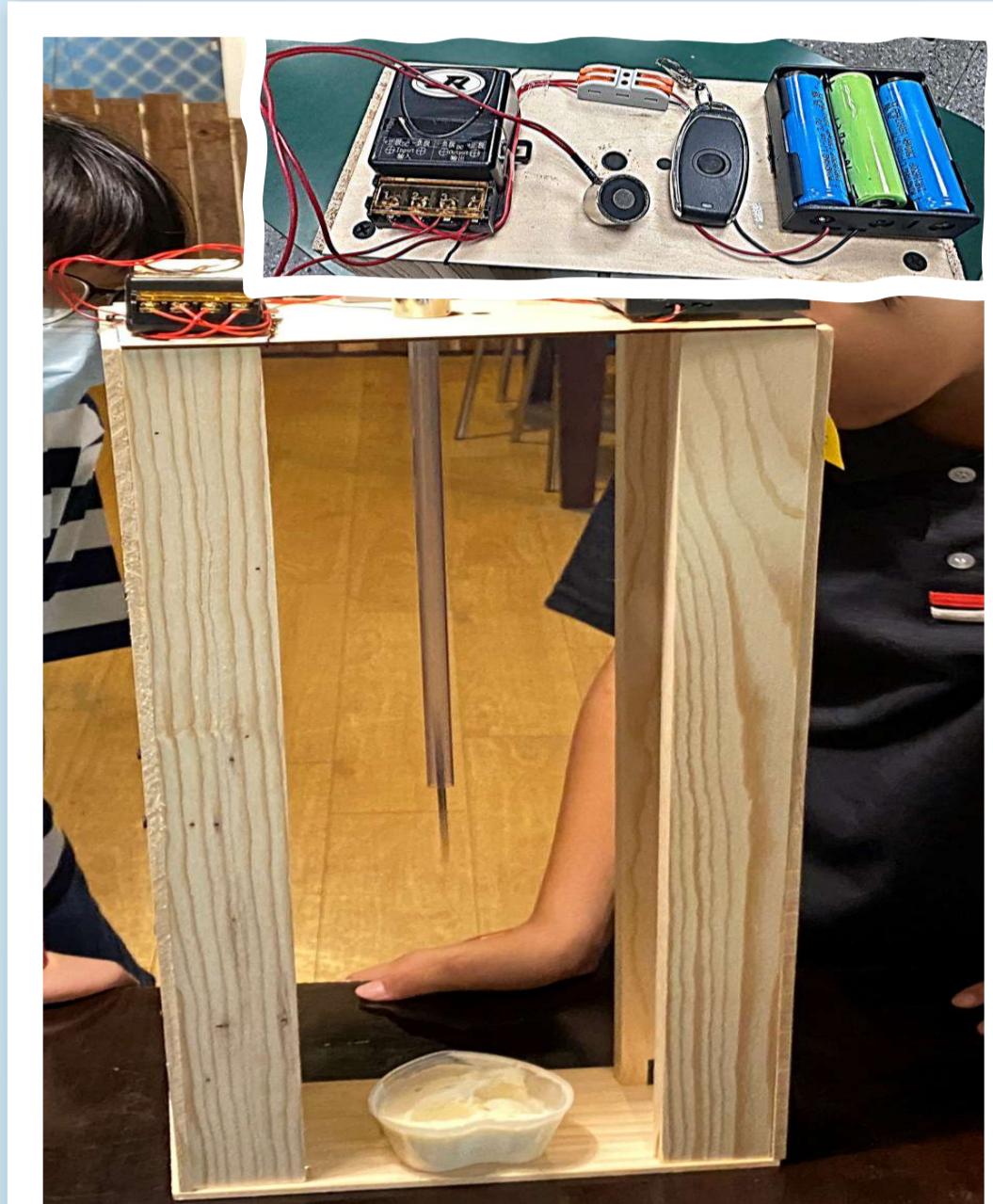
### 實驗一-1研發測量冰淇淋軟硬度的方法



第一代



第二代



第三代



第四代

(指導老師拍照、第一作者整理)

### 實驗一-2制定測量冰淇淋質地的項目 (第四作者繪製)

#### 一、固形物比例計算方式



#### 二、製冰後打發率計算方式 (Carl, 2024)

$$\frac{100\text{ML冰淇淋液體重量} - 100\text{ML冰淇淋(固體)重量}}{100\text{ML冰淇淋(固體)重量}}$$

#### 三、測量製冰後溫度 <-5°C→冰晶感越低

冰淇淋機的準備及冰淇淋杯的冷凍  
冰淇淋液體在接觸冷表面時結凍  
刮刀旋轉以創造冰淇淋質地  
含有小冰晶的固體冰淇淋

72小時

接觸後立即結凍

持續刮削和混合

最終冰淇淋產品

靜置5分鐘

測量軟硬度

測量融化時間

#### 四、測量融化的時間 → 在口中融化速度的快慢

#### 五、冷凍24Hr後測量步驟 (指導老師拍照、第一作者整理)



## 研究二：比較不同配方冰淇淋的性質

### • 實驗結果：固形物比例 (第一作者拍照整理)

不同配方	小O	雪O	食譜	自製
脂肪(%)	8.0%	2.7%	7.4%	3.3%
非脂質固形物(%)	7.7%	7.0%	8.7%	8.1%
蔗糖(%)	15.7%	17.9%	12.0%	12.0%
總固形物(%)	31.4%	27.6%	28.1%	23.4%

### • 製冰後質地



食譜1 食譜2



自製1 自製2

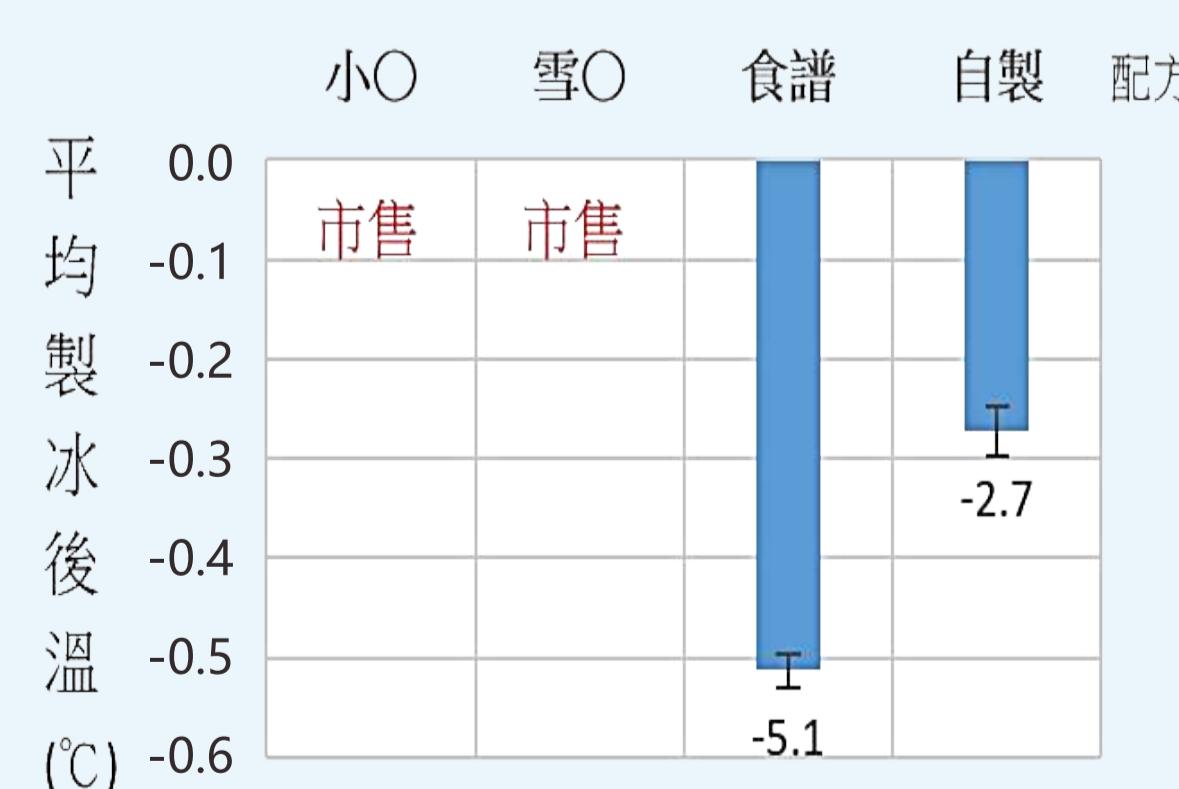
### • 冷凍24hr後質地



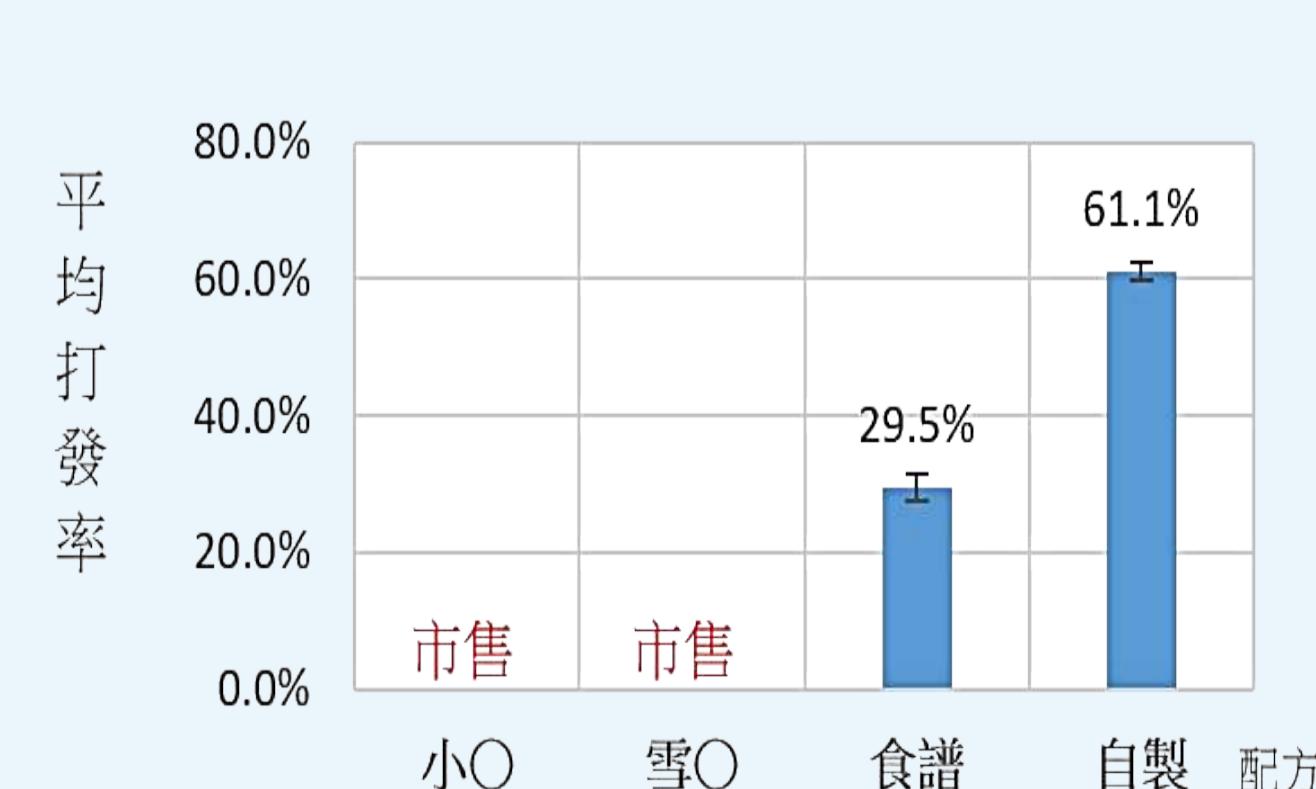
小O 雪O

食譜 自製

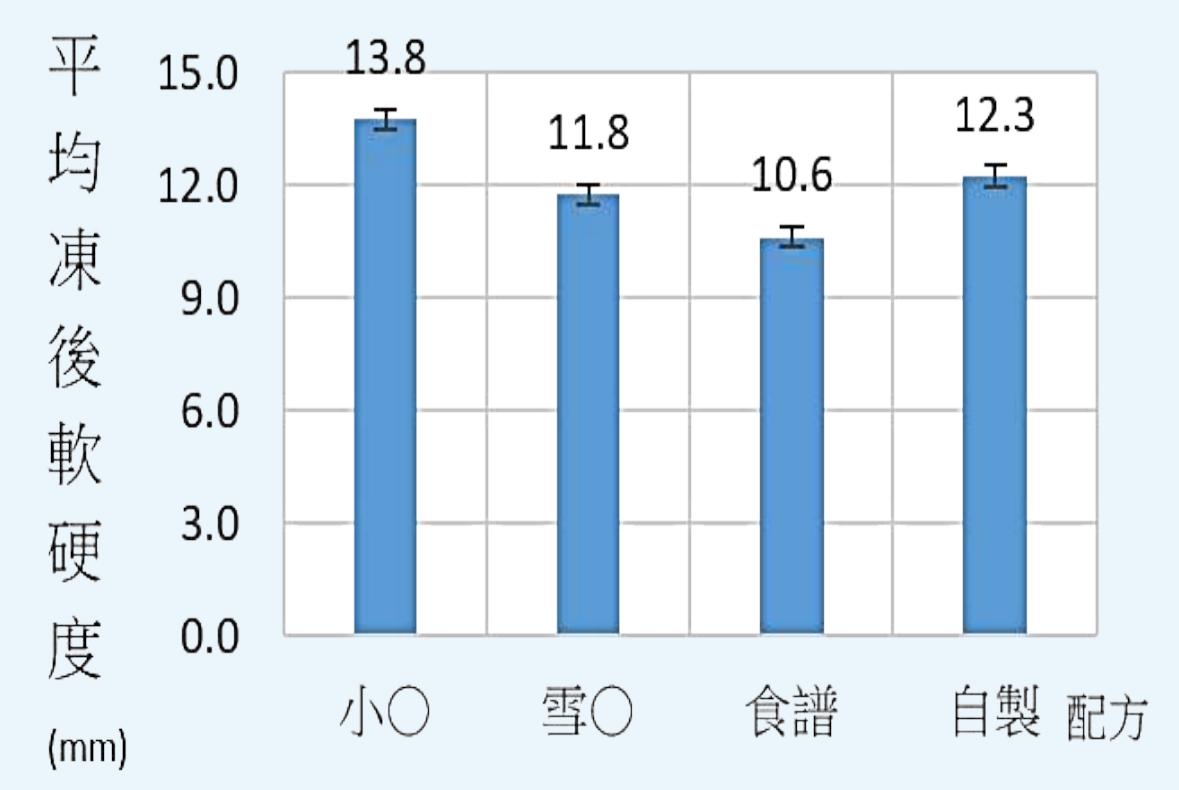
### • 實驗數據圖



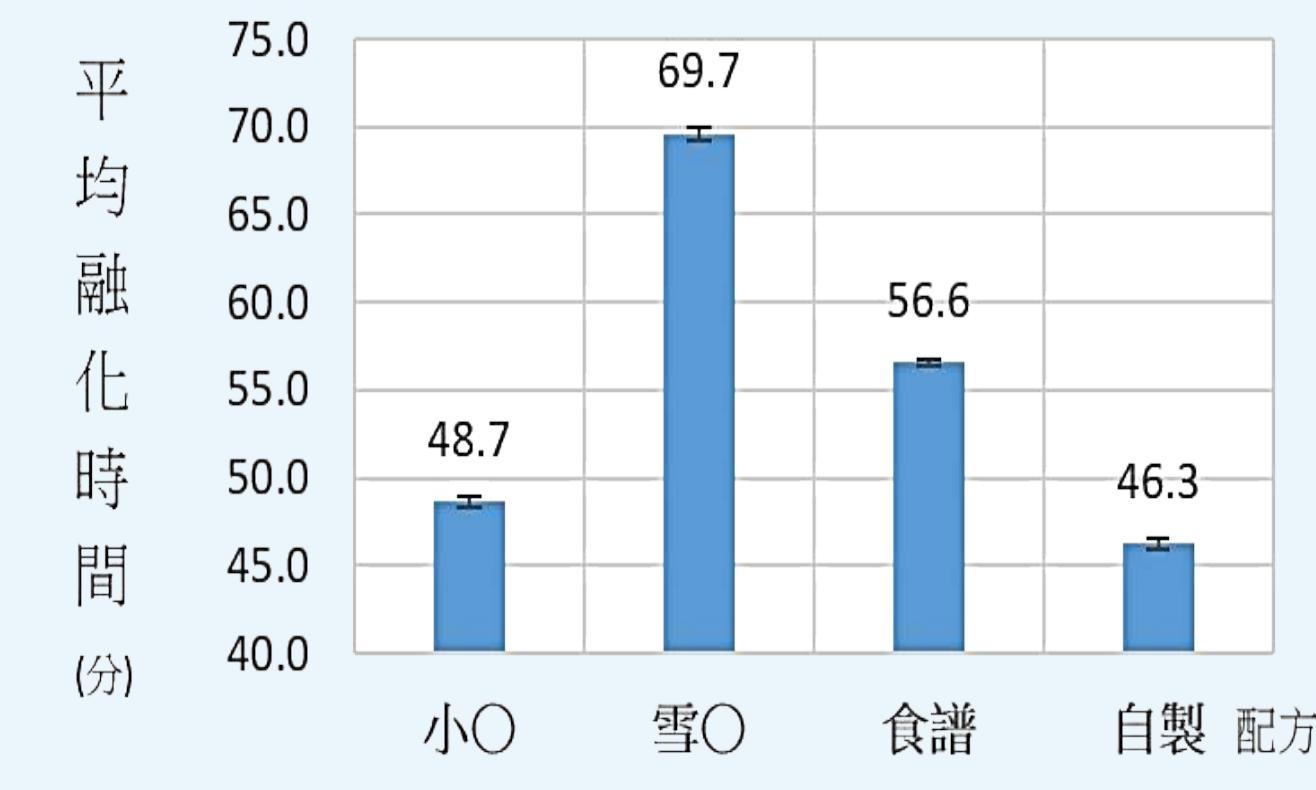
不同配方冰淇淋製冰後溫統計圖



不同配方冰淇淋打發率統計圖



不同配方冰淇淋軟硬度統計圖



不同配方冰淇淋融化時間統計圖

## 研究三：探討糖的比例對優格冰淇淋的影響

### 實驗三-1 比較不同糖量 (第二作者拍照整理)

#### • 實驗結果：固形物比例

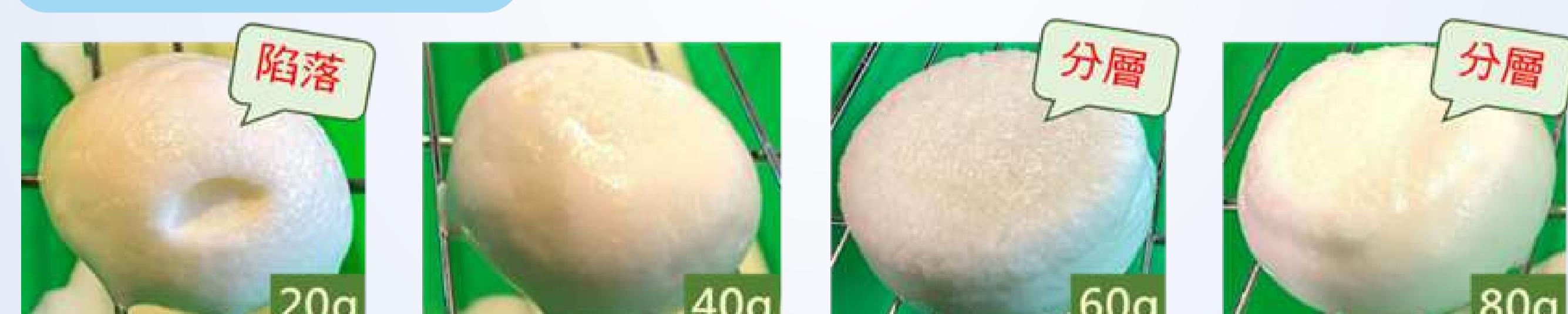
蔗糖量	20g	40g	60g	80g
蔗糖(%)	4.3%	8.3%	12.0%	15.4%
總固形物(%)	16.7%	20.2%	23.4%	26.3%

#### • 製冰後質地



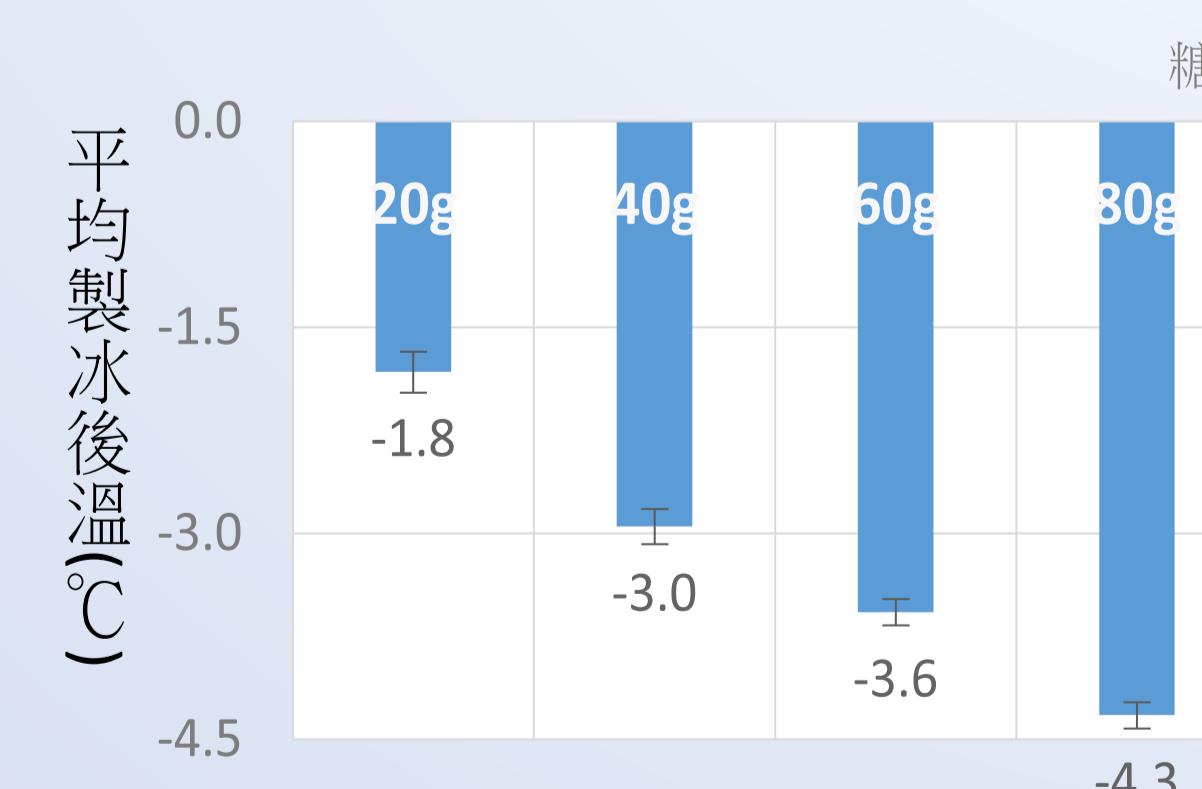
20g 40g 60g 80g

#### • 冷凍24hr後質地

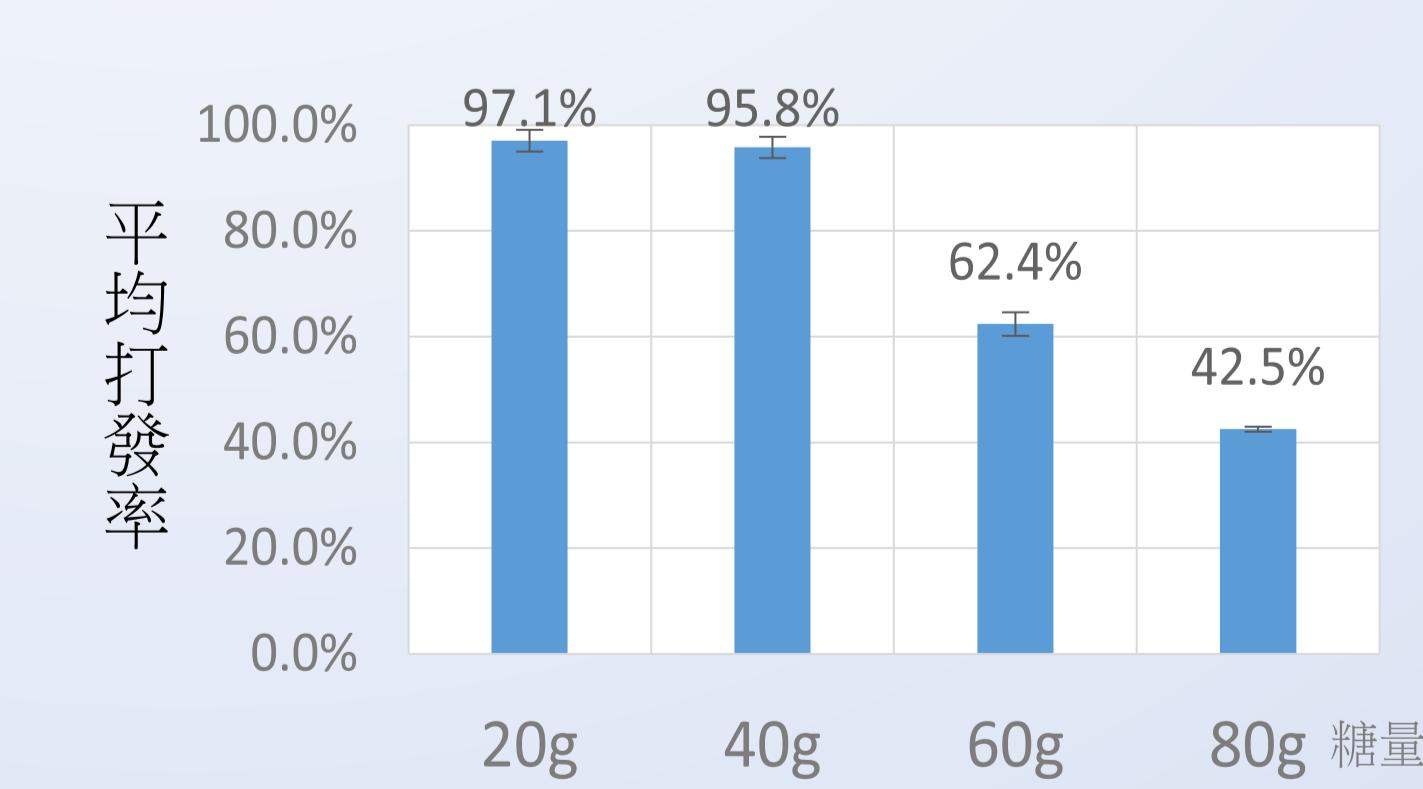


20g 40g 60g 80g

#### • 實驗數據圖



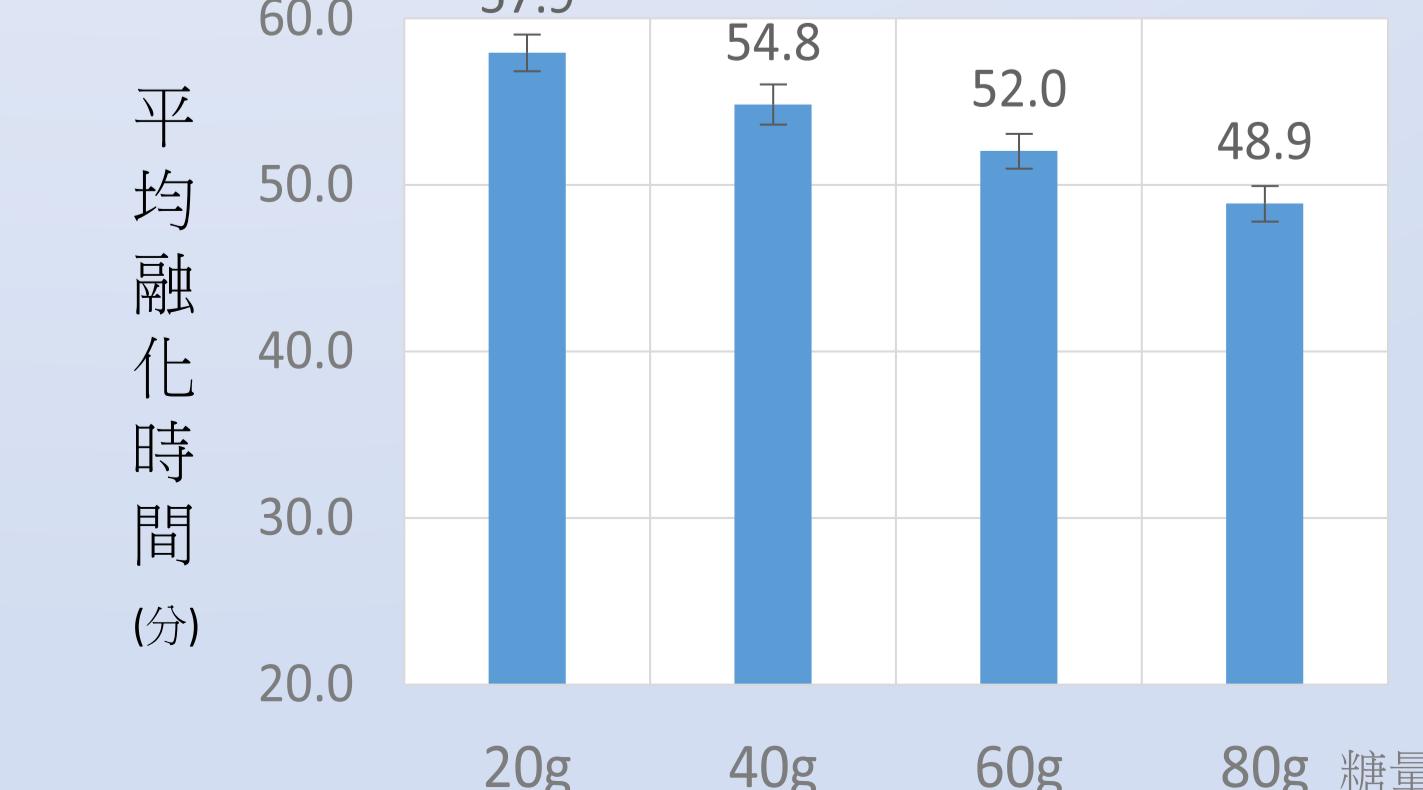
不同蔗糖量冰淇淋製冰後溫統計圖



不同蔗糖量冰淇淋打發率統計圖



不同蔗糖量冰淇淋軟硬度統計圖



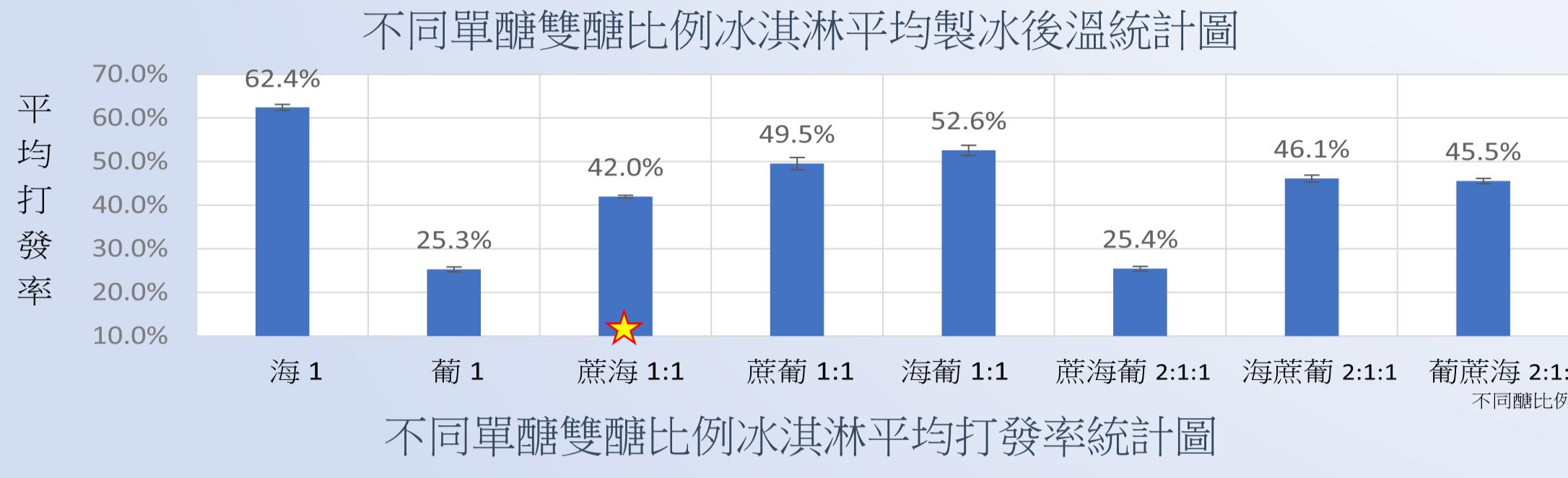
不同蔗糖量冰淇淋融化時間統計圖

### 實驗三-1 比較不同單糖雙糖比例 (第三作者拍照整理)

#### • 實驗結果：固形物比例

單雙醣比	海1	葡1	蔗海1:1	蔗葡1:1	海葡1:1	蔗海葡2:1:1	海蔗葡2:1:1	葡蔗海2:1:1
糖(%)	13.8%	14.0%	14.6%	14.7%	13.9%	14.7%	14.3%	14.3%
固形物比例(%)	24.8%	24.9%	25.5%	25.6%	24.9%	25.6%	25.2%	25.2%

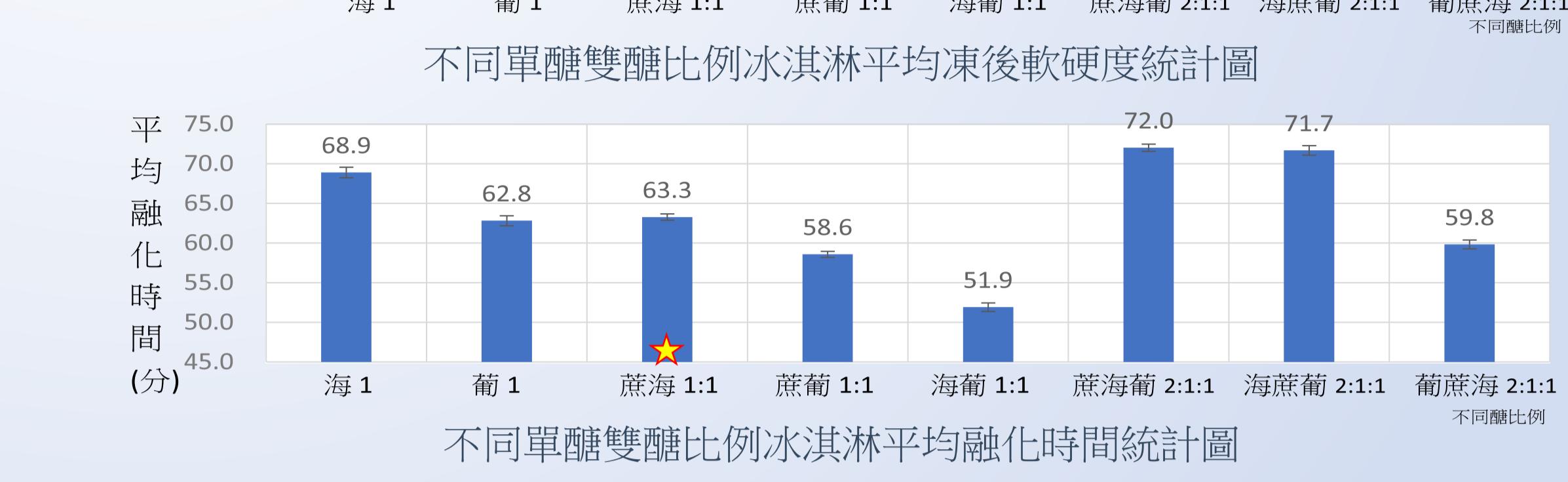
#### • 實驗數據圖



#### • 製冰後質地

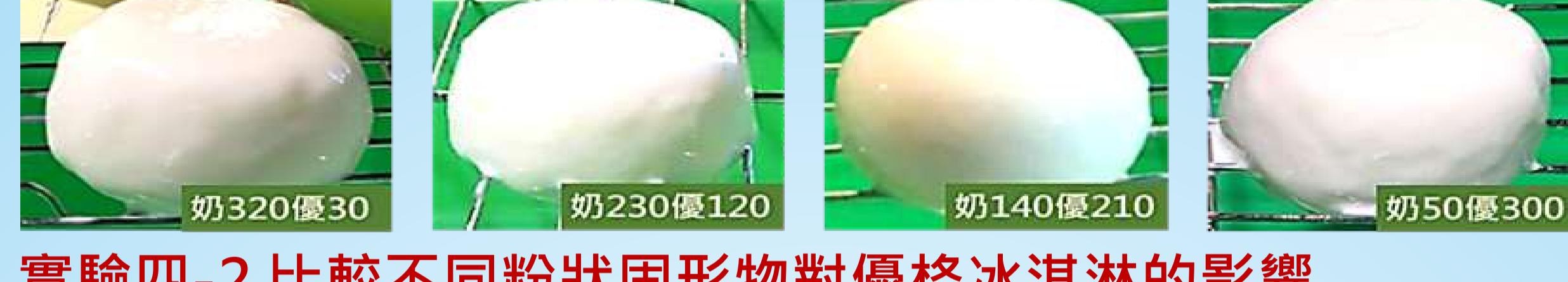


#### • 冷凍24hr後質地

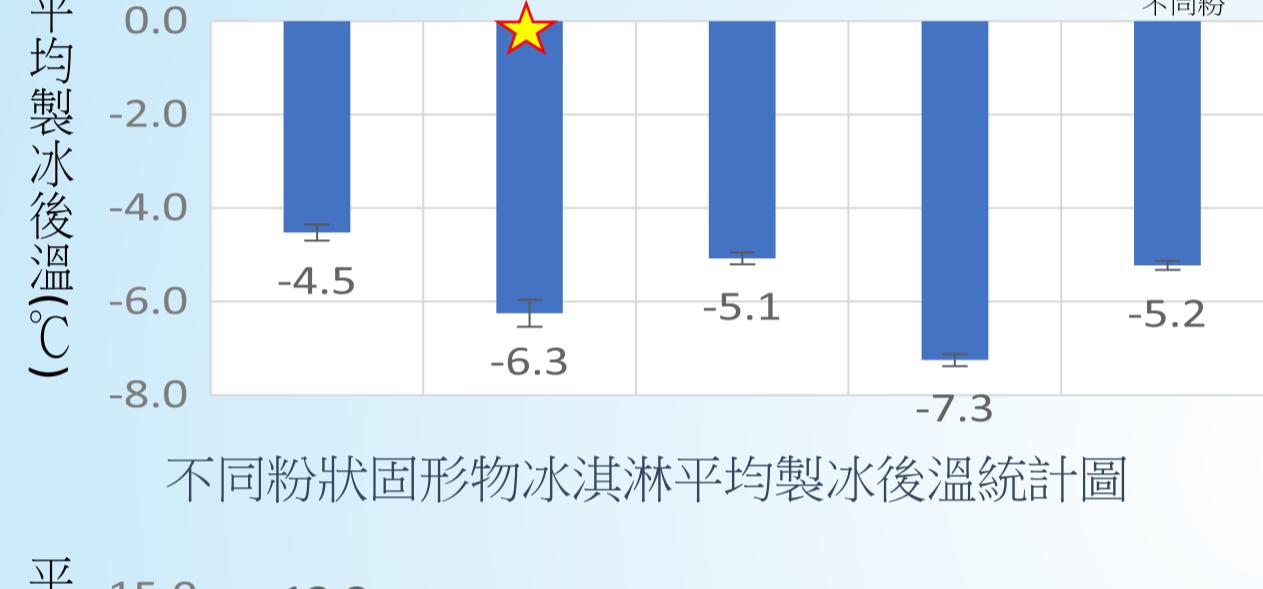


### 研究四：探討不同成分比例對優格冰淇淋的影響

#### 實驗四-1 比較不同鮮奶與優格量對優格冰淇淋的影響 (第四作者拍照整理)



#### 實驗四-2 比較不同粉狀固形物對優格冰淇淋的影響



#### 實驗四-3 比較全脂奶粉量對優格冰淇淋的影響



#### 實驗四-4 比較吉利丁粉量對優格冰淇淋的影響



### 伍 討論

#### 一. 優格冰淇淋成分對口感的影響

• 脂肪：提升滑順感、風味。乳脂中的卵磷脂是天然的乳化劑，助油水融合。

• 非脂質固形物：穩定冰淇淋組織結構。少→冰涼稀薄；多→質地細沙感。

• 糖：糖多→柔軟。不同糖→硬度、融化時間。

• 穩定劑：高度保水性，避免分離，穩定品質。

• 空氣：多→清淡；少→硬實。

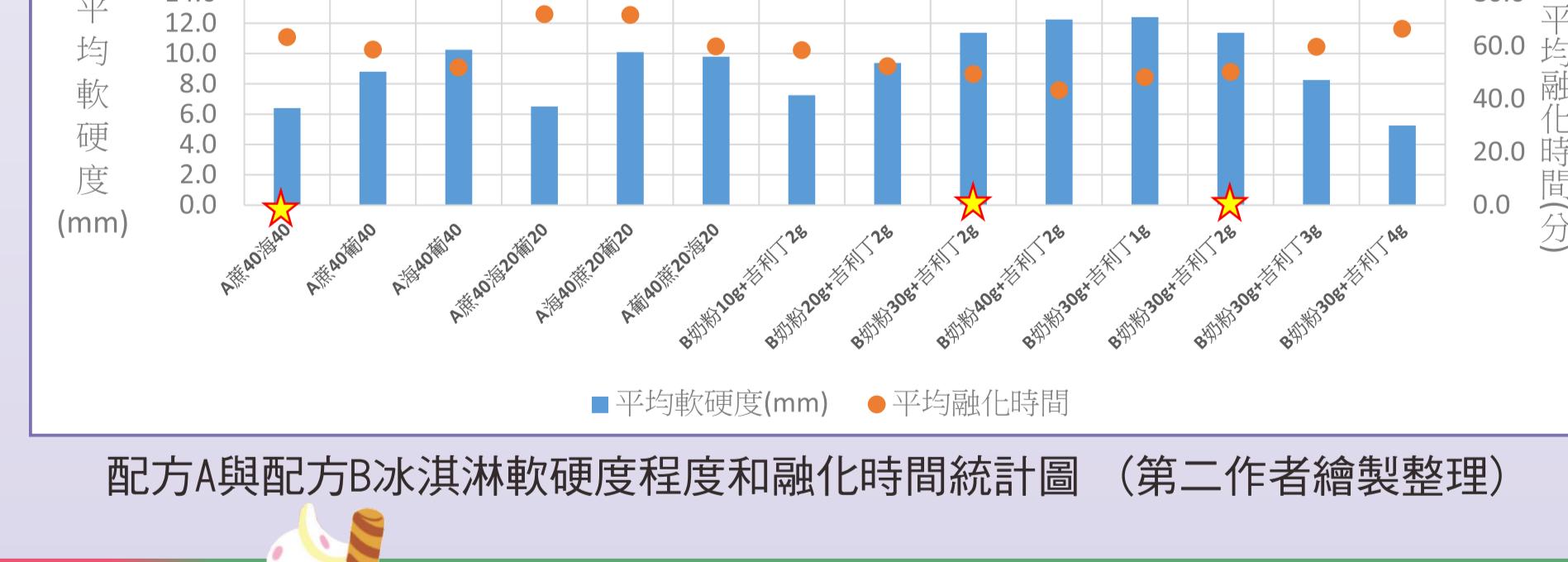
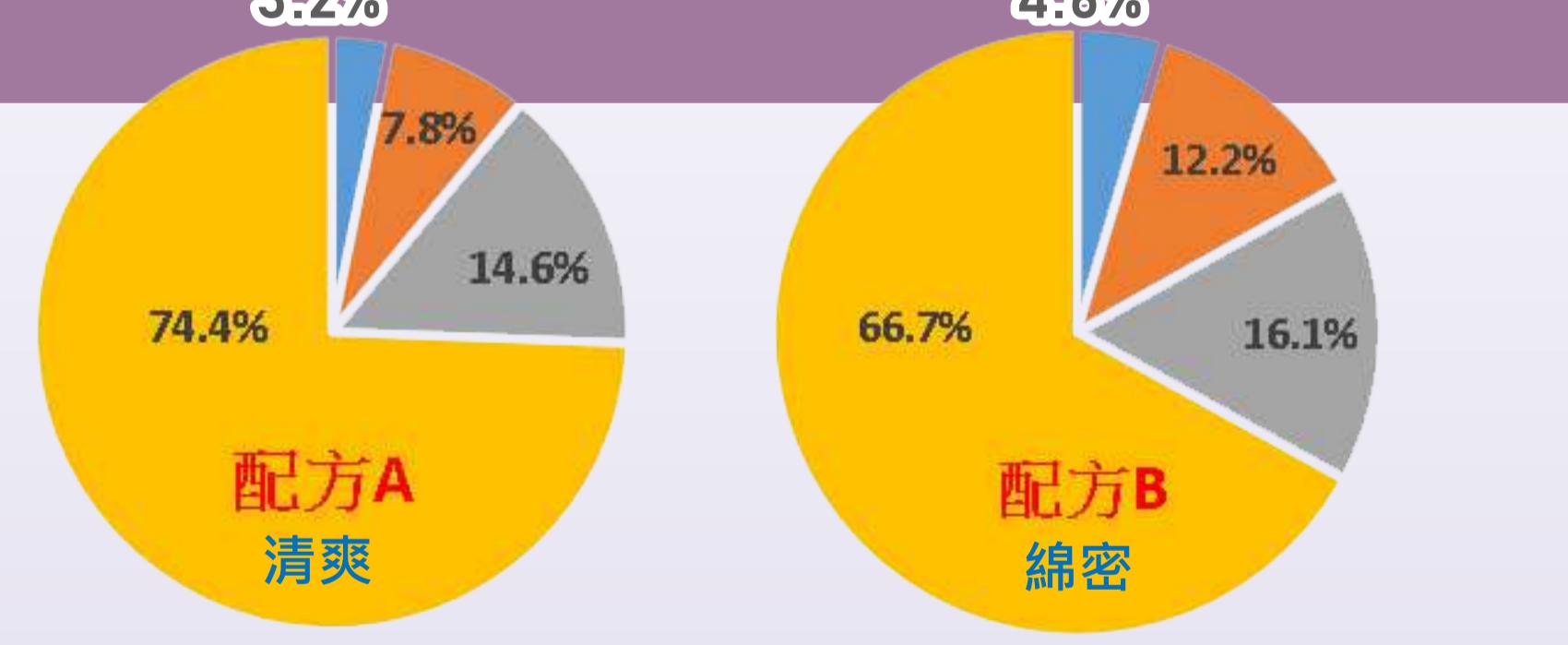
• 冰晶：製冰後溫-5°C~ -8°C，急凍-12°C~-15 °C。

#### 二. 製冰完優格冰淇淋的軟硬度、質地、風味與急凍24小時後不同。



#### 建議配方

- 脂肪
- 非脂質固形物
- 糖
- 水



### 陸 結論與未來研究方向



#### 一、冰淇淋質地的測量方法：固形物比例、打發率、凍後軟硬度、融化時間。

#### 二、低脂希臘式優格冰淇淋，成分比例影響冰淇淋風味、質地、口感。

◆ 脂肪：動物性脂肪風味佳。全脂奶粉量適合調整脂肪比例。

◆ 非脂質固形物：優格比例↑，細緻冰晶感；全脂奶粉比例↑，綿密細緻。

◆ 糖：糖量↑，結構穩定。海藻糖混合蔗糖，風味較佳。

◆ 穩定劑：吉利丁粉建議比例0.6%↓，質地↑口感↑抗融性↑。

#### 三、建議比例：乳製品的脂肪4.6%、非脂質固形物12.2%、糖16.1%、吉利丁粉0.4%，健康訴求者可依個人需求進行調整。

#### 四、未來研究方向：最佳單醣雙醣配比、其他穩定劑的效果、擴大官能品評範圍、優格冰淇淋中，益生菌的存活性與活性。

### 柒 參考文獻

- 郭書帆、周榆庭、薛欣晏、李瑄芮、林成葳和葉宸妤(2024)。冰雪漢緣。中華民國第 64 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 劉姍辰、林廷恩和彭湘甯(2022)。冰雪奇緣的秘密～天然美味冰淇淋製成之探究。新竹市第四十屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 陳謙璣(2022)。《冰淇淋風味學 Gelato&Sorbet》。麥浩斯：台灣。
- 楊祐宇、涂宇軒和伍恩霖(2019)。低脂冰淇淋與物理的火花。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 蔡嘉珉、阮毅翔和劉閔忻人(2015)。低脂米飯冰淇淋之製作。。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 羅亞萱、周恩美、曾玫瑰和陳昱效(2019)。小冰立大功－冰淇淋來瘋。全國高級中等學校專業群科 108 年專題及創意製作競賽「專題組」作品說明書。
- Carl(2024)。Ice Cream Science。取自 <https://www.dreamscoops.com/ice-cream-science/>。(檢索日期：2024年10月31日)