

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

(鄉土)教材獎

052202

珍珠新「葛」命—「抗性」珍珠生成之道

學校名稱：國立彰化女子高級中學

作者： 高二 張雯涵 高二 蔡宛瑾	指導老師： 蕭碧鳳
-------------------------	--------------

關鍵詞：抗性澱粉、珍珠、葛鬱金

摘要

抗性澱粉是難消化的澱粉，熱量極低且有益健康。本實驗以樹薯與葛鬱金粉做成珍珠，利用冷藏及加椰子油來增加抗性澱粉含量。冷藏會使珍珠變硬，因此也探討影響珍珠彈性的因素，嘗試維持其彈性，其中發現煮水回溫的回復效果較好。我們觀察到冷藏能使兩種珍珠的抗性澱粉含量有效提升，但加油較無成效，同時珍珠冷藏回溫後彈性不變且維持較高含量的抗性澱粉。而葛鬱金珍珠不論經過何種處理，抗性澱粉含量都比樹薯的高，因此葛鬱金可作為更健康的珍珠原料。但經口感盲測後發現葛鬱金珍珠的口感較差，而由葛鬱金與樹薯粉各半製成的混合珍珠口感較受喜愛，未來可依此方式製作，並以適度冷藏回溫提升抗性澱粉含量，使珍珠健康又美味。

壹、研究動機

一、實驗動機

根據統計，台灣人每年喝掉約一億杯的珍奶。珍珠主要由樹薯粉製成，成分以支鏈澱粉居多，因為分解快，所以升糖指數很高，對血糖的控制很不好。並且珍珠的熱量非常高，一大杯珍珠奶茶的熱量約等於一碗米飯的澱粉，加上 13 顆方糖的含糖量和 20 克油脂的總熱量，是肥胖的好朋友。所以珍珠雖然是國民美食，其實潛藏危害健康的風險，我們如何在享受美食的同時還能兼顧健康呢？已知有一種特殊的澱粉，它較難分解成葡萄糖被人體吸收，所以血糖不會迅速上升，熱量極低，且能使腸道好菌增加，還可以降低膽固醇，它—就是抗性澱粉。若能使珍珠的抗性澱粉含量提高，就可讓珍珠搖身一變成為健康有益的美食。

葛鬱金俗稱粉薯，具有解暑利尿之效，並且可治感冒。葛鬱金粉又被稱為古早的太白粉，在阿嬤年代，家家戶戶都有，但隨著塑化劑、起雲劑的使用，地瓜粉等進口食品的普遍，慢慢的將葛鬱金粉取代。此外，根據論文（註 1）得知直鏈澱粉越高，抗性澱粉也越高，而根據研究也發現葛鬱金的直鏈澱粉高於樹薯的直鏈澱粉（註 2），所以我們推測葛鬱金的抗性澱粉含量有可能也會較高。因此我們嘗試將這個快被遺忘的葛鬱金粉製作成珍珠，想試驗看看其是否可做為更好更健康的珍珠原料。

另外，我們還參考文獻，利用冷藏和加油的方式提高抗性澱粉的含量，但是冷藏會

同時使得彈性（口感）降低，因此我們想要測定各項變因對珍珠彈性變化的影響，並且進行口感盲測，期望能在提高抗性澱粉的同時，也能讓珍珠保持良好的口感。

二、文獻探討（註3）

（一）抗性澱粉定義

定義：抗性澱粉（Resistant Starch，RS）又稱為抗酶解澱粉及難消化澱粉，是一種無法經由健康小腸的消化酵素水解，但可被腸內菌發酵成短鏈脂肪酸的澱粉或澱粉水解產物。

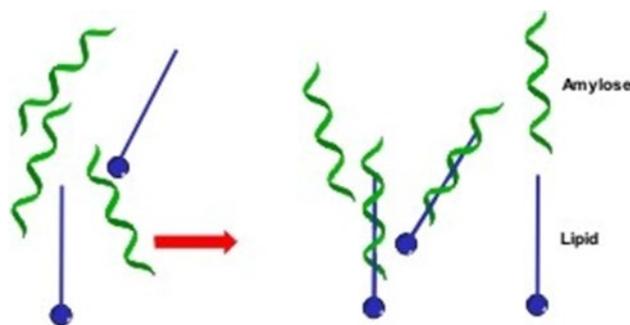
（二）抗性澱粉功能

1. 如同膳食纖維，可作為腸道益生菌的養分來源，使腸道好菌增加，排便更通順。
2. 在消化過程中，抗性澱粉與膽汁結合，之後膽汁和抗性澱粉一起被帶到大腸並且排出體外。由於膽汁是由膽固醇所製造生成的，因此也阻止膽固醇再被小腸吸收。
3. 由於抗性澱粉不容易被吸收，所以升糖指數較低。而這對糖尿病患者有很大的幫助，因為對患者來說血糖管理是最重要的，尤其是在飯後，沒控管好就會飆升，可能導致生命危險。
4. 增加飽足感、降低食慾，可減肥。

（三）抗性澱粉種類

1. RS1：物理包埋性澱粉（Physically trapped starch），其澱粉顆粒被包埋於不易被消化的食物基質中，因細胞壁的屏障作用、受蛋白質成分遮蔽，以至於在小腸內消化速度較慢。如種子類、豆類及未加工全穀類等天然食物。
2. RS2：具抗性澱粉顆粒（Resistant starch granules）因為結構較為緻密或擁有部分結晶結構，可抵擋酶的作用，但是加熱後，部分結構會被拆解，因而失去大部分抗性澱粉。如未烹煮過的馬鈴薯、青香蕉、高直鏈澱粉玉米。
3. RS3：回凝澱粉（Retrograded starch）又稱為老化澱粉，回凝澱粉主要是透過糊化（加熱），使澱粉架構分散後再回凝（置於低溫中），使得澱粉架構重組的更為緻密，產生結晶化的構造而形成抗性澱粉。主要從澱粉加工品中取得，如麵包、米飯、烘焙產品、熟麵食及饅頭。

4. RS4：化學修飾澱粉（Chemically modified starch），不存在於自然界中，經由物理方法及化學方法改變澱粉分子結構產生而成。如辛烯基琥珀酸澱粉、乙酰基澱粉等。
5. RS5：直鏈澱粉－脂質複合物（Amylose-lipid complex），因為直鏈澱粉會在糊化的時候從顆粒滲出並形成可溶的型態，而冷卻能使直鏈澱粉分子結構改變，使其在過程中與油脂逐漸結合，形成此複合物，如（圖一）。由於結構穩定，所以不容易被澱粉酶分解。



（圖一）

（圖一資料來源：Katja Loos.（2012）. Unraveling the lipid-amylose inclusion complex formation. March 6, 2020, from <http://www.rug.nl/research/polymer-chemistry/members/laura/>）

根據上述，第一、二類的抗性澱粉是屬於天然的抗性澱粉，比較無法去做人為的提升。而第四類抗性澱粉主要是透過添加人為加工過的修飾澱粉或是一些化學物質所產生，我們認為跟天然健康不太相符。而第三類抗性澱粉(回凝澱粉)只需透過低溫，就能使抗性澱粉增加，相對來說更加天然，對於大眾，也是較容易達成的；第五類抗性澱粉(直鏈澱粉－脂質複合物)是透過加入一些油脂，來增加抗性澱粉含量，是較為新穎的一種方式。因此我們選用低溫與加油兩種方式來處理珍珠，試驗其是否能提升抗性澱粉的含量。

貳、研究目的

- 一、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏後不同回溫方式的彈性變化
- 二、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏時間的長度對彈性的影響
- 三、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠分別冷藏與冷凍 20 hr 的彈性變化
- 四、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠的含油量不同對抗性澱粉含量的影響
- 五、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏不同時間及回溫後的抗性澱粉含量
- 六、口感盲測探討大眾對葛鬱金珍珠口感的接受度

參、研究設備及器材

樹薯粉	葛鬱金粉	椰子油
		
燒杯、刮杓、鑷子	電子秤	切粉圓器具
		
電磁攪拌器	Resistant Starch assay kit (Megazyme)	自備藥品



玻璃試管



震盪器



離心機



恆溫振盪水浴槽



微量吸管



層色分析儀



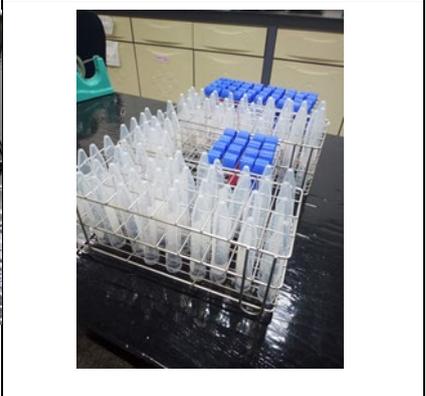
微波爐



測彈性器具

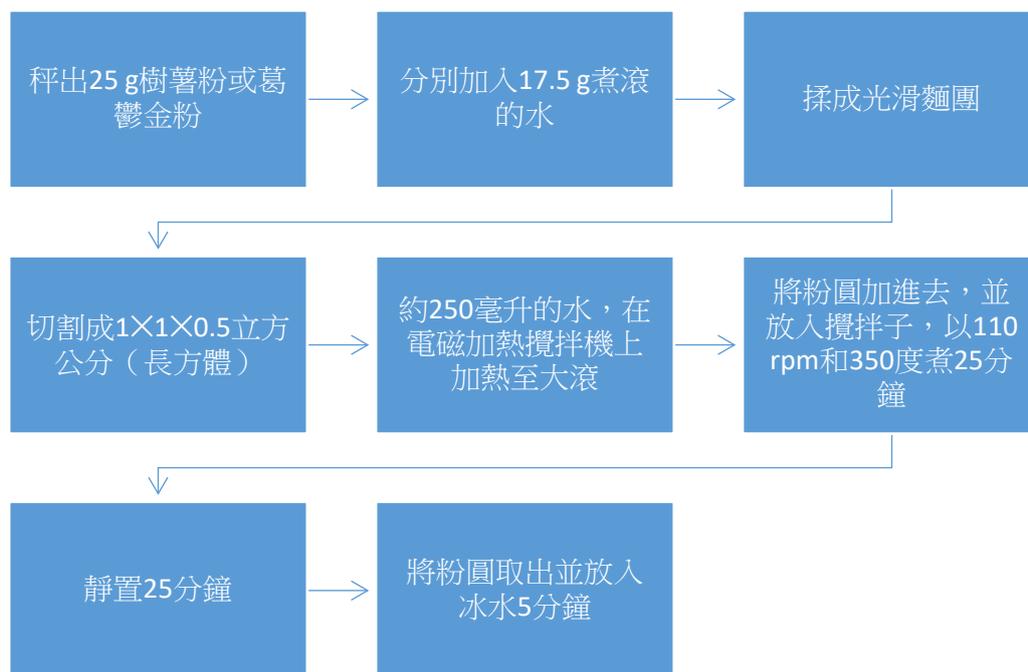


離心管



肆、研究過程及方式

一、珍珠製作（註4）



※含油量 3 %與 6 %的珍珠是一開始在粉中分別加入占珍珠總重的 3 %及 6 %的椰子油

二、利用 Resistant Starch assay kit (Megazyme) 測定抗性澱粉含量

(一) 藥品：

1. 試劑 Reagent

- (1) 馬來酸鈉緩衝溶液 (Sodium maleate buffer)
- (2) 醋酸鈉緩衝溶液 (pH3.8) (Sodium acetate buffer)
- (3) 醋酸鈉緩衝溶液 (pH4.5) (Sodium acetate buffer)
- (4) 氫氧化鉀水溶液 (Potassium hydroxide solution)
- (5) 50%酒精 (Aqueous ethanel or IMS)

2. 酵素

- (1) 澱粉葡萄糖苷酶 (Amyloglucosidase)
- (2) 胰 α 澱粉酶 (Pancreatic α -amylase)
- (3) GOPOD 反應緩衝液 (GOPOD Reagent Buffer.)
- (4) GOPOD 反應酵素 (GOPOD Reagent Enzymes.)
- (5) 葡萄糖標準液 (D-Glucose standard solution)

(6) 抗性澱粉對照組 (Resistant starch control)

(二) 過程 (註 1) (一次實驗三重複)

1. 模擬消化道的分解作用

取 0.5 g 樣品至玻璃試管 (16×100 mm)，加入 4 mL 的 α -amylase 和 Amyloglucosidase，置入恆溫振盪水浴 16 小時 (37 °C，100 rpm/min)。取出後加入 4 mL 99 % 乙醇，均勻混合後離心 (5000 rpm，15 min)，接著傾倒上層液至 50 mL 的離心管，將沉澱物加入 2 mL 的 50 % 酒精後震盪，再加入 6 mL 的 50 % 酒精並混合均勻離心 (5000 rpm，15 min)，此步驟重複兩次。

2. 測定抗性澱粉

添加 2 mL 2 M KOH 和攪拌子至試管中，於冰浴中攪拌 20 min，再加入 8 mL 1.2 M 醋酸緩衝溶液 (pH 3.8) 並以磁力攪拌，立即加入 0.1 mL AMG (將消化酶未水解的澱粉再強效分解)，置於 50 °C 水域中 30 min，接著：

If 抗性澱粉 > 10%：需進行稀釋，將試管內容物定量至 100 mL，離心 (5000 rpm，15 min)

If 抗性澱粉 < 10%：直接離心 (5000 rpm，15 min)，取 0.1 mL 樣品上清液至試管，加入 3 mL GOPOD 試劑，在 50 °C 水浴中作用 20 min，取出後，先在吸光值 510 nm 下以空白試劑歸零再測定試樣。

3. 測定非抗性澱粉

將 1. 部份最後的總上清液 (含澱粉水解後產生的醣類) 以醋酸鈉緩衝溶液 (pH 4.5) 稀釋 50 mL，取 0.05 mL 的上述溶液和 10 μ l 的 Amyloglucosidase 混合，此步驟重複兩次以分成兩管。加入 3 mL GOPOD 試劑，在 50 °C 水浴中作用 20 min，取出後，先在吸光值 510 nm 下以空白試劑歸零再測定樣品。

※最後還需要測 D-glucose 標準液的吸光值

(三) 含量計算

1. 抗性澱粉含量

If 樣品含量 > 10% (g /100 g sample)

$$= \Delta E \times F \times 100/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 90$$

If 樣品抗性澱粉含量 < 10% (g /100 g sample)

$$= \Delta E \times F \times 10.3/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 9.27$$

2. 非抗性澱粉含量

$$= \Delta E \times F \times 100/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$

$$= \Delta E \times F/W \times 90$$

E：樣品吸光值－空白試劑吸光值

F：將吸光值轉換成葡萄糖標準品 mg

W：分析樣品乾重 = 重量 × (100－水分含量) / 100

100/0.1：稀釋倍數 (定量至 100mL 取 0.1mL)

1/1000：由 g 轉換成 mg

100/W：抗性澱粉占樣品重量的百分比的係數

162/180：澱粉中發生游離葡萄糖轉變成無水葡萄糖的係數

10.3/0.1：稀釋倍數

三、彈性測量

(一) 原理

珍珠彈性的定義為「食物在第一咬結束與第二口開始之間可以恢復的高度」，因此我們利用砝碼及游標尺，以相對於原始高度可回復的高度比值作為彈性值

(二) 過程

利用游標尺測珍珠原來高度 → 將 50 克的法碼壓在上面測其高度 → 移開法碼再

測一次 → 紀錄數據 → 利用 excel 算出彈性（一次實驗五重複）

(三) 彈性值計算

$(\text{法碼壓後的高度} / \text{原來高度}) - (\text{移開法碼後的高度} / \text{原來高度})$

四、T.TEST 測定

藉由 T.TEST 測定觀察各組資料間有無顯著差異，若有顯著差異則在圖表上標記星號。（值 < 0.05 即有顯著差異）

五、口感盲測

將樹薯珍珠、葛鬱金珍珠以及樹薯和葛鬱金混合珍珠（一半樹薯粉一半葛鬱金粉製作而成）分裝於容器中，在三種容器上貼標籤再以白紙遮掉。三種不同珍珠的容器隨機放置，供被試驗者品嚐，再填寫 google 表單，分別以 1~5 等級評估彈性、硬度及整體口感。此測試在試驗者與被試驗者皆不知所提供的是何種珍珠下進行(雙盲測試)，測試完再撕去白紙進行結果的紀錄與統計。

六、口感盲測的積分計算

積分=評比分數(1~5 分) × 百分比

伍、研究結果

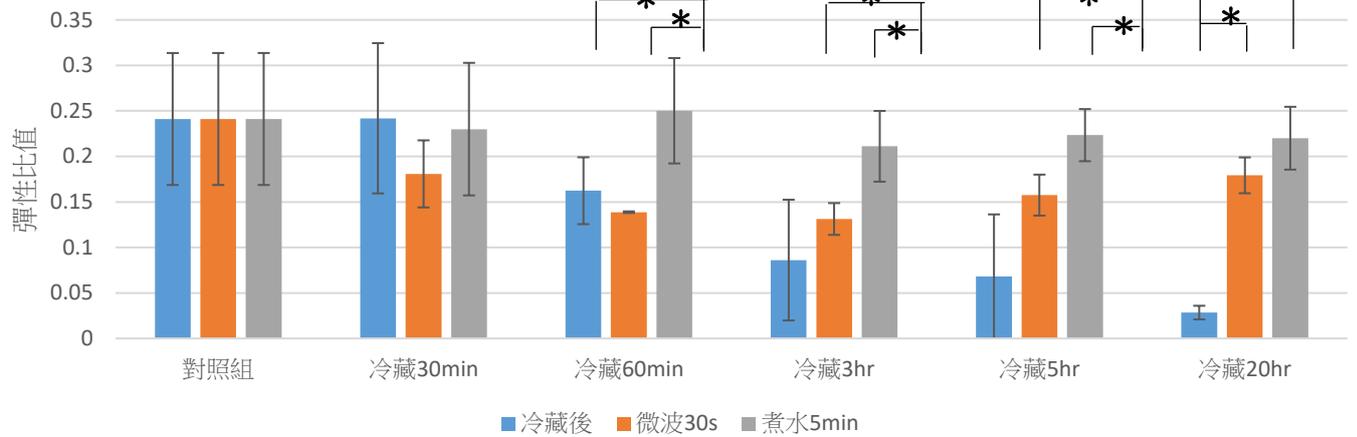
一、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏後不同回溫方式的彈性

樹薯珍珠	冷藏後	微波 30 s 回溫	煮水 5 min 回溫
對照組	0.241±0.072	0.241±0.072	0.241±0.072
冷藏 30 min	0.242±0.083	0.180±0.037	0.230±0.073
冷藏 60 min	0.162±0.037	0.138±0.001	0.250±0.058
冷藏 3 hr	0.086±0.066	0.131±0.017	0.211±0.039
冷藏 5 hr	0.068±0.068	0.157±0.023	0.223±0.029
冷藏 20 hr	0.028±0.008	0.179±0.020	0.220±0.035

(表一)

(對照組：沒有經過任何處理的樹薯珍珠)

樹薯珍珠不同回溫方式之彈性比較



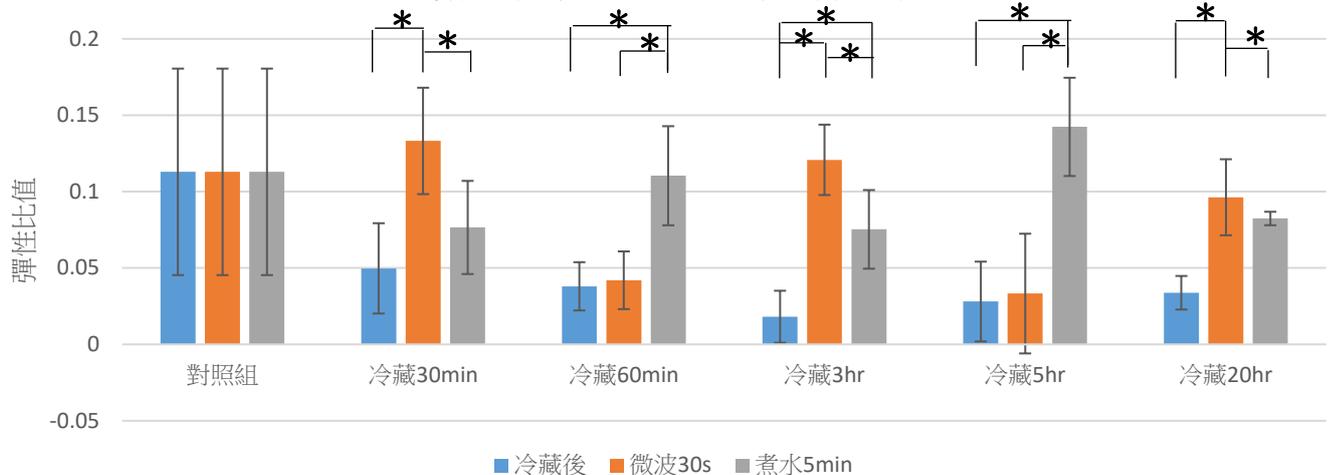
(圖二)

葛鬱金珍珠	冷藏後	微波 30 s 回溫	煮水 5 min 回溫
對照組	0.113±0.068	0.112±0.068	0.113±0.068
冷藏 30 min	0.050±0.030	0.133±0.035	0.077±0.030
冷藏 60 min	0.038±0.016	0.041±0.019	0.110±0.032
冷藏 3 hr	0.018±0.017	0.120±0.023	0.075±0.026
冷藏 5 hr	0.028±0.026	0.033±0.039	0.142±0.032
冷藏 20 hr	0.034±0.011	0.096±0.025	0.082±0.004

(表二)

(對照組：沒有經過任何處理的葛鬱金珍珠)

葛鬱金珍珠不同回溫方式之彈性比較



(圖三)

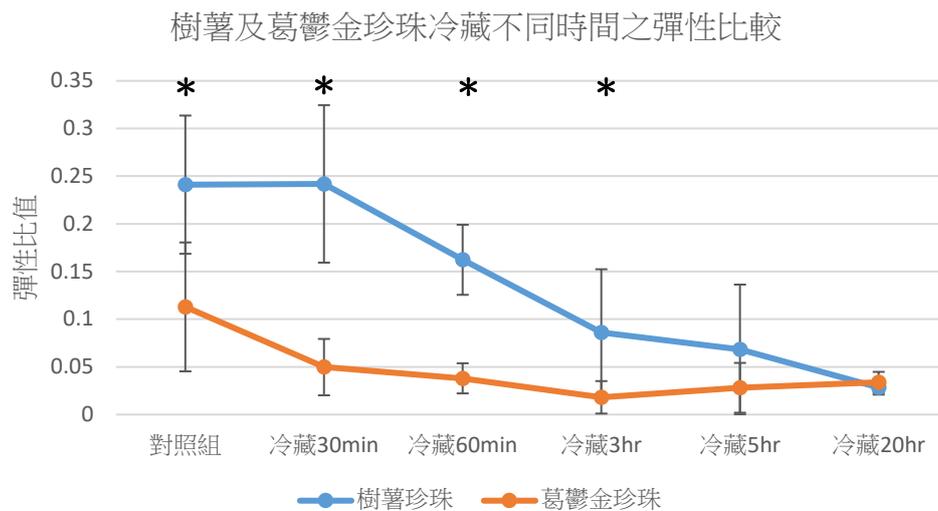
透過（圖二），我們發現兩種回溫方式能使樹薯珍珠彈性回復，甚至超過原本的彈性。對於樹薯珍珠，煮水回溫的彈性回復率較微波回溫高，微波回溫甚至還有兩次稍微下降。在 30 min 內，對於樹薯珍珠冷藏及回溫後的彈性並無明顯差異，甚至還有下降。但是從 60 min 開始，樹薯珍珠回溫的彈性回復率，隨著冷藏時間增加，回復的越明顯；根據（圖三），兩種回溫方式皆能使葛鬱金珍珠彈性回復，但是微波回溫的變化幅度較煮水回溫大，表示微波回溫相對較不穩定，因此相對來說我們認為煮水回溫是一個較好的彈性回復方式。

二、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏時間的長度對彈性的影響

	樹薯珍珠	葛鬱金珍珠
對照組	0.241±0.072	0.113±0.068
冷藏 30 min	0.242±0.083	0.050±0.030
冷藏 60 min	0.162±0.037	0.038±0.016
冷藏 3 hr	0.086±0.066	0.018±0.017
冷藏 5 hr	0.068±0.068	0.028±0.026
冷藏 20 hr	0.028±0.008	0.034±0.011

（表三）

（對照組：沒有經過任何處理的樹薯珍珠和葛鬱金珍珠）



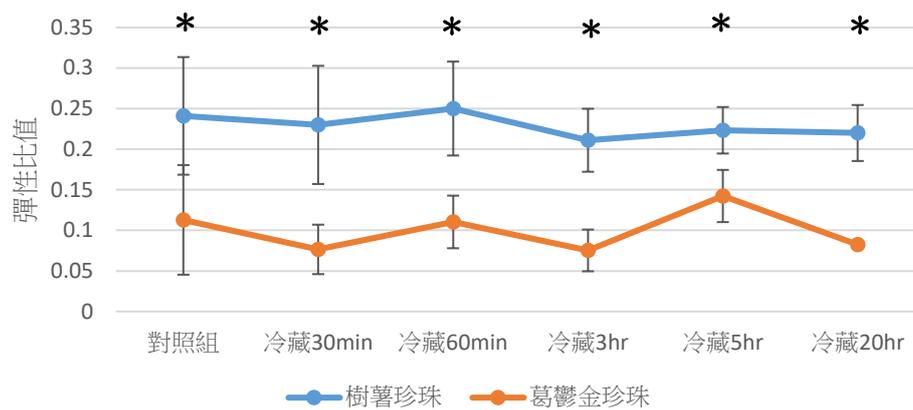
（圖四）

煮水 5 min 回溫	樹薯珍珠	葛鬱金珍珠
對照組	0.241±0.072	0.113±0.068
冷藏 30 min	0.230±0.073	0.077±0.030
冷藏 60 min	0.250±0.058	0.110±0.032
冷藏 3 hr	0.211±0.039	0.075±0.026
冷藏 5 hr	0.223±0.029	0.142±0.032
冷藏 20 hr	0.220±0.035	0.082±0.004

(表四)

(對照組：沒有經過任何處理的樹薯珍珠和葛鬱金珍珠)

樹薯及葛鬱金珍珠冷藏不同時間後煮水5min回溫之彈性比較



(圖五)

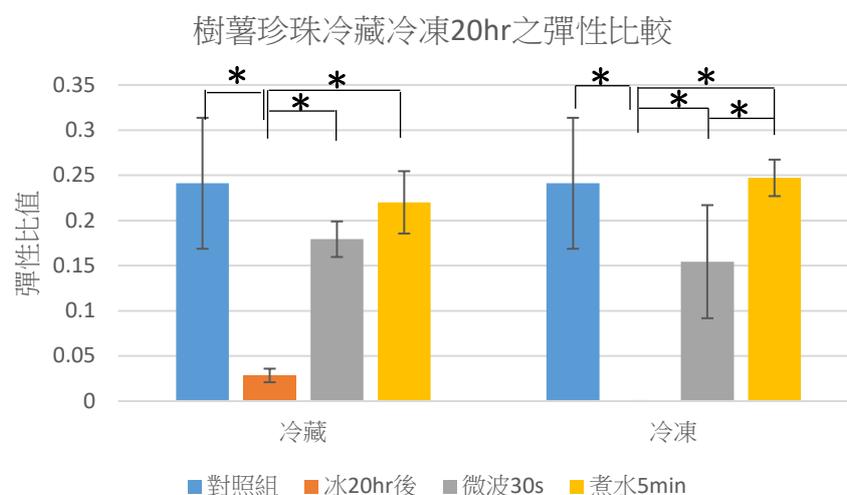
由(圖四)和(圖五)可以知道，樹薯珍珠的彈性明顯大於葛鬱金珍珠的彈性。而從(圖四)可以得知彈性和冷藏時間呈負相關，冷藏時間越長，彈性越小。根據(圖五)，可以觀察到煮水回溫後的彈性都趨近於對照組，冷藏的時間對於煮水回溫後的彈性的影響不大。

三、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠分別冷藏與冷凍 20hr 的彈性

樹薯珍珠	冷藏	冷凍
對照組	0.241±0.072	0.241±0.072
冰 20 hr 後	0.028±0.008	0.000±0.000
微波 30 s	0.179±0.020	0.154±0.063
煮水 5 min	0.220±0.035	0.247±0.020

(表五)

(對照組：沒有經過任何處理的樹薯珍珠)

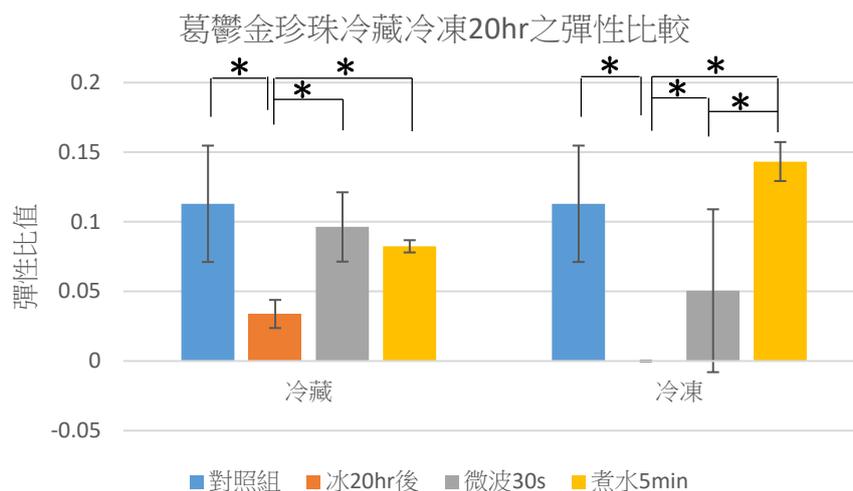


(圖六)

葛鬱金珍珠	冷藏	冷凍
對照組	0.113±0.0418	0.113±0.0418
冰 20 hr 後	0.034±0.010	0.000±0.000
微波 30 s	0.096±0.025	0.051±0.059
煮水 5 min	0.082±0.004	0.143±0.014

(表六)

(對照組：沒有經過任何處理的葛鬱金珍珠)



(圖七)

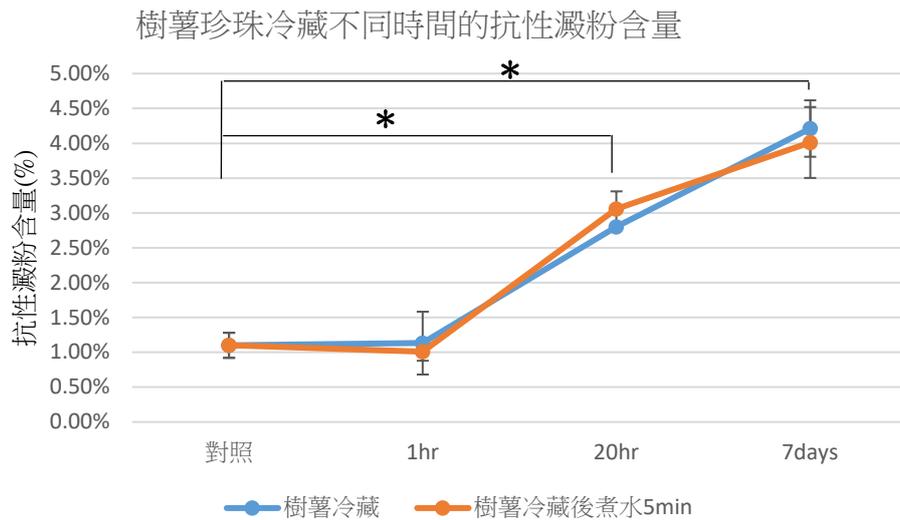
由(圖六)可知，樹薯珍珠冷藏和冷凍對回溫彈性的影響差異不大，回溫後的彈性與對照組的彈性相近；根據(圖七)，對於葛鬱金珍珠，雖然冷藏冷凍後回溫彈性都有回復，但冷凍 20hr 後微波回溫的彈性回復效果較差。

四、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏不同時間及煮水 5 min 回溫後的抗性澱粉含量

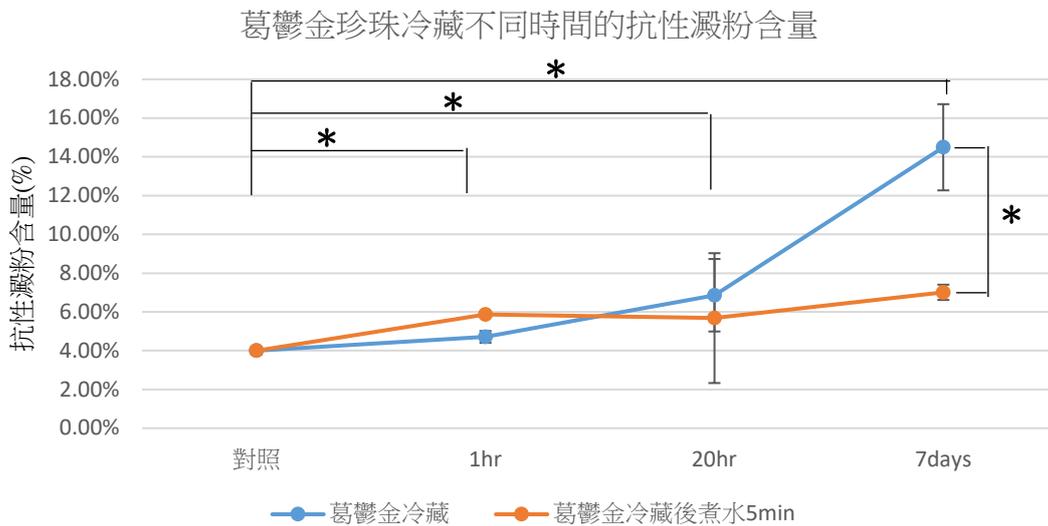
	樹薯冷藏	樹薯冷藏後煮水 5 min 回溫	葛鬱金冷藏	葛鬱金冷藏後煮水 5 min 回溫
對照	1.100%±0.180%	1.100%±0.180%	4.000%±0.180%	4.000%±0.180%
1 hr	1.132%±0.451%	1.009%±0.130%	4.710%±0.304%	5.861%±0.068%
20 hr	2.800%±0.006%	3.060%±0.250%	6.860%±1.870%	5.680%±3.350%
7 days	4.211%±0.405%	4.011%±0.509%	14.494%±2.224%	7.010%±0.394%

(表八)

(對照組：沒有經過任何處理的樹薯珍珠和葛鬱金珍珠)



(圖九)



(圖十)

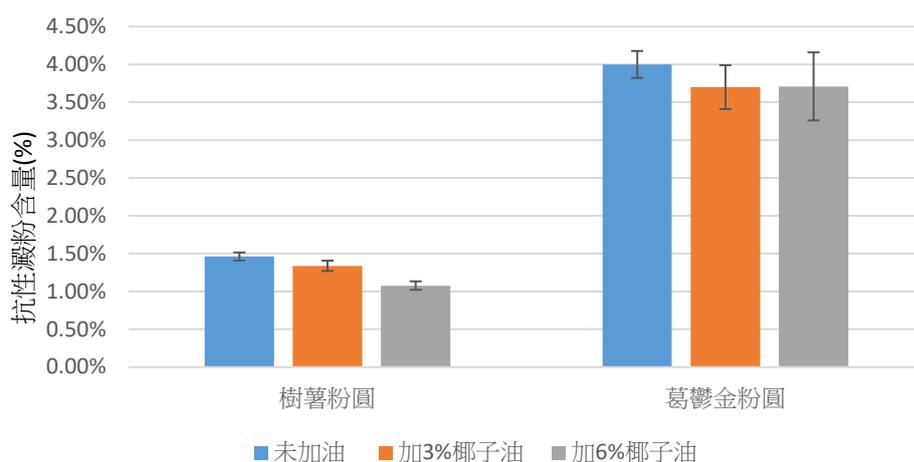
觀察(圖九)、(圖十)，發現兩種珍珠在冷藏 1 hr 和 20 hr 後，與回溫後的抗性澱粉含量差異不大。樹薯珍珠在冷藏 7 days 後的抗性澱粉和回溫後的仍然無明顯差異；但葛鬱金珍珠冷藏 7 days 後再回溫的抗性澱粉含量有明顯下降，不過依舊高於冷藏 20 hr 葛鬱金珍珠的抗性澱粉含量。此外，隨著冷藏時間變長，冷藏後及回溫後的抗性澱粉含量都有增加的趨勢，唯有樹薯珍珠在 1 hr 時，抗性澱粉並沒有明顯增加。

五、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠的含油量不同對抗性澱粉含量的影響

	未加油	加 3 %椰子油	加 6 %椰子油
樹薯珍珠	1.462%±0.053%	1.339%±0.068%	1.077%±0.056%
葛鬱金珍珠	4.000%±0.178%	3.700%±0.290%	3.710%±0.450%

(表七)

樹薯及葛鬱金珍珠加油之抗性澱粉含量比較



(圖八)

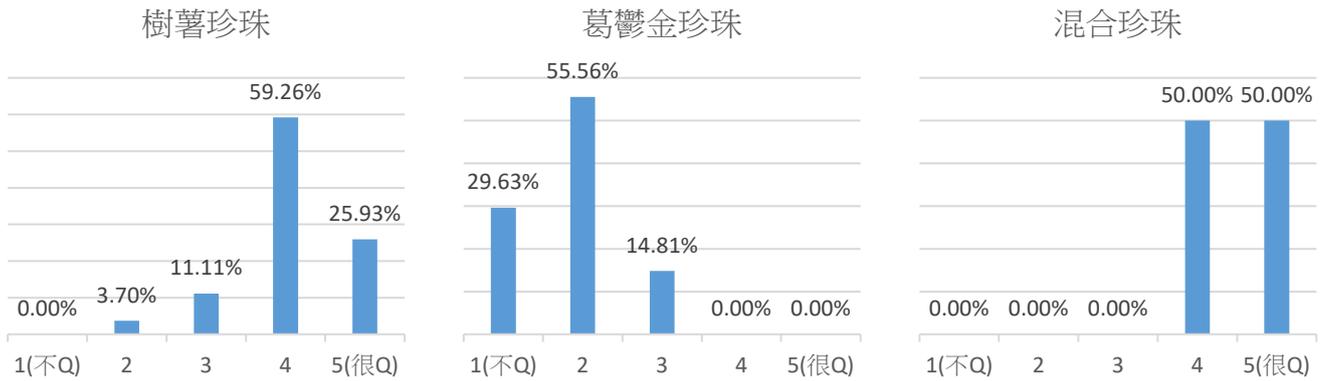
由(圖八)可知葛鬱金珍珠的抗性澱粉含量明顯高於樹薯珍珠，並且加油對於抗性澱粉含量的變化量不大，因此推測可能加油並不能有助於珍珠的抗性澱粉含量的增加。

六、口感盲測探討大眾對葛鬱金珍珠口感的接受度

(一) Q 度口感盲測結果如表八，繪圖如圖九，整體 Q 度口感積分：混合>樹薯>葛鬱金珍珠。

珍珠 Q 度	1(不 Q)	2	3	4	5(很 Q)	積分
樹薯珍珠	0.00%	3.70%	11.11%	59.26%	25.93%	4.07
葛鬱金珍珠	29.63%	55.56%	14.81%	0.00%	0.00%	1.85
混合珍珠	0.00%	0.00%	0.00%	50.00%	50.00%	4.50

(表八)

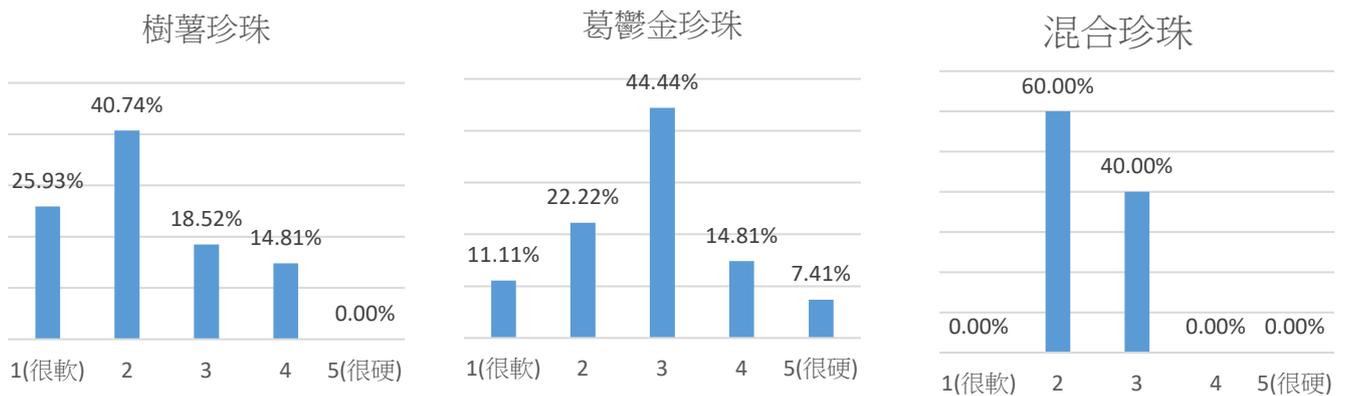


(圖九)

(二) 硬度口感盲測結果如表九，繪圖如圖十，整體硬度口感積分：葛鬱金珍珠>混合>樹薯。

珍珠硬度	1(很軟)	2	3	4	5(很硬)	積分
樹薯珍珠	25.93%	40.74%	18.52%	14.81%	0.00%	2.22
葛鬱金珍珠	11.11%	22.22%	44.44%	14.81%	7.41%	2.85
混合珍珠	0.00%	60.00%	40.00%	0.00%	0.00%	2.40

(表九)

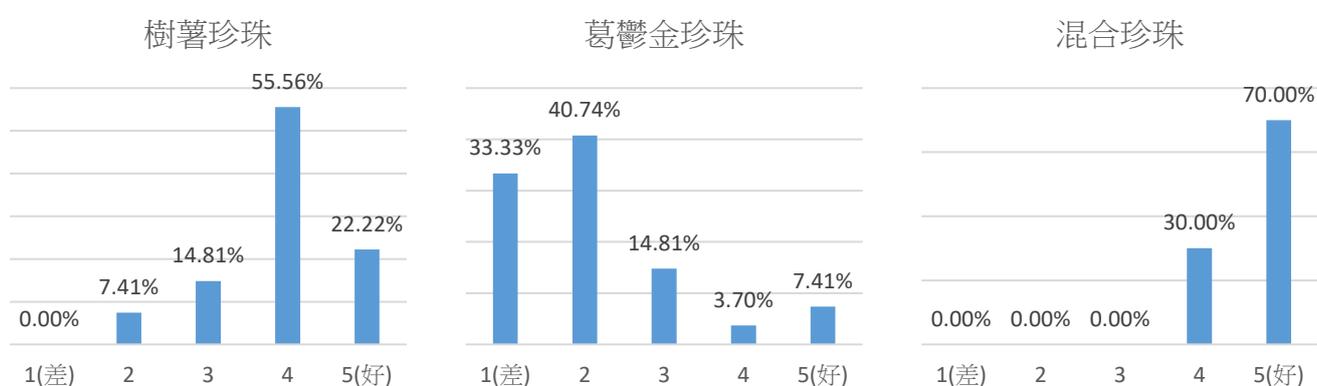


(圖十)

(三) 整體口感盲測結果如表十，繪圖如圖十一，整體口感積分：混合>樹薯>葛鬱金珍珠。

珍珠整體口感	1(差)	2	3	4	5(好)	積分
樹薯珍珠	0.00%	7.41%	14.81%	55.56%	22.22%	3.93
葛鬱金珍珠	33.33%	40.74%	14.81%	3.70%	7.41%	2.11
混合珍珠	0.00%	0.00%	0.00%	30.00%	70.00%	4.70

(表十)



(圖十一)

根據（圖九）（圖十）（圖十一），發現葛鬱金珍珠口感較不Q，相對較硬，且整體口感也較不好，較不受大眾喜愛。而混合珍珠的Q度最高，硬度介於中間偏軟，整體口感的的積分也最高，超越樹薯珍珠。

陸、討論

- 一、樹薯珍珠和葛鬱金珍珠回溫後的彈性都能有效回升，且有些珍珠回溫後的彈性甚至比對照組彈性還要好，因此可以知道回溫能有效使彈性回復。
- 二、從結果中發現葛鬱金珍珠雖能使彈性回復，但彈性回復率並沒有樹薯珍珠好，並且微波回溫的彈性變化幅度較大，所以我們認為微波回溫較不穩定。另外，在實驗過程中觀察到同一盤葛鬱金珍珠微波後，會有一些葛鬱金珍珠呈現未熟的狀態，或是

有點爛掉，推測可能是微波回溫無法完全均勻加熱，進而造成測量更大的誤差。因此我們認為對於珍珠，煮水回溫是一個較好的回溫方式。

三、樹薯珍珠的彈性不論是有無冷藏或回溫都大於葛鬱金珍珠，而兩種珍珠冷藏後的彈性皆隨冷藏時間的增加而降低。

四、冷藏與冷凍兩者對彈性的影響差異不大，且回溫後的彈性都有回復。

五、由實驗顯示葛鬱金珍珠的抗性澱粉含量不論經過什麼處理皆高於樹薯珍珠。根據兩篇研究論文，葛鬱金的直鏈澱粉含量（約 29.99 %）高於樹薯的直鏈澱粉含量（約 20.78 %）（註 2），且抗性澱粉含量與直鏈澱粉含量呈正相關（註 1）。因此推論有可能是因為葛鬱金本身的直鏈澱粉含量較樹薯高而導致其結果。

六、加油量的多寡對珍珠的抗性澱粉含量影響不大，與我們原本預計的結果不同。根據研究，米飯在加入油脂煮後，會使得抗性澱粉含量明顯提高，例如：在來米不加油煮時，抗性澱粉含量約 6.6 %，再加入油脂煮後，抗性澱粉含量上升至 13.2 %（註 5）。由於在來米的直鏈澱粉含量（約 18.0 %），低於葛鬱金的直鏈澱粉含量（約 29.99 %）和樹薯的直鏈澱粉含量（約 20.78 %）（註 2），因此推論油脂對抗性澱粉的影響和直鏈澱粉無明顯關係。另外，因為珍珠的原料是粉，而米飯結構較粉類完整，所以我們認為油脂對抗性澱粉的影響和結構較有關係。

七、我們觀察到冷藏會使得抗性澱粉含量增加，並且回溫後與回溫前的珍珠抗性澱粉含量變化不大，只有葛鬱金珍珠冷藏 7 days 回溫後的抗性澱粉有較明顯的下降。根據資料顯示，過夜浸泡後用普通鍋煮 40 分鐘的紅小豆，熱的時候抗性澱粉含量是 13.7 %，而冷藏過夜後再以微波爐 800 W 回熱 2 min（樣品中心溫度為 77 °C），抗性澱粉含量反而降低為 9.36 %（註 6）（註 7）。我們還不清楚是什麼原因影響冷藏回溫後的抗性澱粉含量，之後會再更深入的探討，並找尋能夠穩定維持葛鬱金珍珠抗性澱粉含量的方法。

八、冷藏的時間長度和抗性澱粉含量呈正相關。我們認為有可能是因為時間越長，使得

回凝的結構也更多，因此抗性澱粉的含量增加。

九、因為珍珠冷藏後會變硬，所以以往很多飲料店會將當天剩下沒賣掉的珍珠丟掉，另外，一般在家中做珍珠是一個麻煩且耗時的過程，光是要將珍珠煮熟就可能要兩個小時。但根據我們的實驗結果，現在可以一次性的將大量珍珠煮好，然後將未食用的冷藏，等到要吃時再煮水回溫就行，不僅能避免浪費，減少很長的熬煮時間，還能回復口感，更特別的是珍珠冷藏後回溫還擁有較高的抗性澱粉。此外，我們建議珍珠在煮完後，可以先冷藏一天，然後再煮水回溫，如此一來能享用到口感好且較健康，因此珍珠冷藏後回溫再食用可做為健康飲食的指引。

十、從彈性測試的結果中，發現葛鬱金珍珠彈性的低於樹薯珍珠，我們認為葛鬱金珍珠的口感可能較不好，我們自己試吃的結果也是如此。為了改善口感，我們想到將兩種粉類以 1:1 的比例，製作了混合珍珠，並以這三種珍珠進行口感盲測。根據口感盲測的結果，發現葛鬱金珍珠的口感確實較差，而混合珍珠的口感還比樹薯珍珠更受大眾喜愛，未來可朝此方向製作健康又美味的珍珠。

十一、統整以上結果，我們可以知道，葛鬱金珍珠雖有較高的抗性澱粉含量，但是葛鬱金珍珠口感並不好。因此若將葛鬱金加上樹薯粉製作出混合珍珠並配合冷藏時間，就能夠有效提升珍珠中的抗性澱粉含量，再透過回溫，回復珍珠冷藏後變硬的口感，在保有珍珠口感的狀況下，使我們攝取到比一般樹薯珍珠更高含量的抗性澱粉。

柒、結論與未來展望

一、不論樹薯或葛鬱金珍珠在冷藏後雖然彈性會變差，但回溫過後的彈性都能有效回升。

二、煮水回溫 5 min 比微波回溫 30 s 更能使珍珠加熱均勻，所以認為煮水回溫 5 min 是一種更好的回溫方式。

- 三、珍珠在冷藏回溫後和冷凍回溫後的彈性差異不大，有一定的回復，但葛鬱金珍珠在冷凍微波回溫，其彈性回復的較為不好。
- 四、葛鬱金珍珠的抗性澱粉含量明顯高於樹薯珍珠。
- 五、冷藏時間越長，抗性澱粉含量越多。且回溫後，珍珠的抗性澱粉含量並無明顯下降。
- 六、本實驗中加油對於珍珠的抗性澱粉含量無法有效的提升，與研究論文中（註5）米飯加油的結果不同，推測可能是珍珠和米飯的直鏈澱粉及外形結構有所差異。
- 七、根據口感盲測的結果，發現混合珍珠比葛鬱金珍珠和樹薯珍珠更受大眾喜愛
- 八、總結：葛鬱金珍珠含有較高的抗性澱粉，是更為健康的珍珠，但口感較差，未來可朝樹薯粉及葛鬱金粉 1:1 的比例製作混合珍珠，並利用適度冷藏再回溫進一步提升抗性澱粉含量，使大眾能吃到既健康又美味的珍珠。

捌、參考文獻資料

- 註1 林太明（2013）。高粱酒糟萃取抗性澱粉及其應用。國立金門大學食品科學系：碩士論文。
- 註2 莊雅雯（2007）。葛鬱金與澱粉作物的澱粉性質比較。作物、環境與生物資訊 1（4）：77-87
- 註3 張雯涵、蔡宛瑾（2020）。抗逆澱下的養成計畫。全國高級中等學校小論文比賽的 1090325 梯次
- 註4 「白玉珍珠粉圓怎麼做才會更 Q 彈？」在家做抹茶拿鐵白珍珠，比你想像中的更簡單！2020 年 8 月 28 日，取自 <http://dreamchefhome.com/435522-2/>

註5 Dean Mingtze Tsai (2015)。油脂加米飯：能讓熱量減少 60%？。PanSci 泛科學。
2020 年 12 月 25 日，取自 <https://pansci.asia/archives/78381>

註6 葉婷 (2020)。6 種烹調處理方式對紅小豆澱粉組分及血糖反應的影響。中國食品
學報 2020 年 08 期，取自

http://zgspxb.cnjournals.org/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20200812&flag=1

註7 食物放冷吃就能防止發胖？抗性澱粉不如你想像中簡單。元氣網。2020 年 8 月 28
日，取自 <https://health.udn.com/health/story/6037/3858590>

【評語】 052202

1. 本作品比較樹薯珍珠和葛鬱金珍珠於冷藏冷凍與回溫方式、不同含油量等條件對其彈性、抗性澱粉含量與口感的影響。
2. 實驗設計宜加強，目前僅進行樹薯粉和葛鬱金粉1:1的混合實驗，建議可進行不同混合比例之實驗，才可達到預期的應用目標。
3. 作品說明書中，研究方法需述明珍珠製作方法、實驗組別等。進行模擬消化道分解作用之實驗目的、抗性澱粉含量計算公式等宜再詳細說明。
4. 實驗結果之呈現可再加強，圖之說明應放下方、表之說明應放上方。圖二和圖三可合併，以利比較樹薯珍珠和葛鬱金珍珠於不同回溫方式對彈性的影響。
5. 利用不同廠牌的葛鬱金粉與樹薯粉，因為其原料與產品製程之差異，本研究所做出來的結果可能會造成差異，需要注意。
6. 參考文獻資料不宜用註一、註二等方式，宜用人名及年代表示，且順序應採用號碼或作者姓氏排列。

作品簡報

組別：高級中等學校組
科別：農業與食品學科



珍珠新「葛」命— 「抗性」珍珠生成之道



珍珠

各國奶茶 熱量排行榜

台灣珍珠奶茶 茶+奶精+糖+珍珠 789 Kcal	印度瑪莎拉奶茶 印度香料+牛奶+茶 442 Kcal	英式鮮奶茶 茶+鮮奶 314 Kcal



樹薯



普遍珍珠成份

抗性澱粉



RS5 直鏈澱粉-脂質複合物

RS4 化學修飾澱粉

像膳食纖維, 使腸道好菌增加
降低膽固醇
增加飽足感、降低食慾

VS

VS

葛鬱金



古早阿嬤的太白粉

研究過程與方法

珍珠製作

澱粉加熱水

揉成團

切割

煮25min

泡冰水5min

一開始在粉中加入椰子油

彈性測量

測量

法碼下壓

測量

移開法碼

測量

$(\text{移開法碼後的高度} / \text{原來高度}) - (\text{法碼壓後的高度} / \text{原來高度})$

抗性澱粉測量

模擬消化道分解作用

測定抗性、非抗性澱粉

含量計算

口感盲測

分裝三種珍珠

在容器上做標記

被試驗者試吃

評比

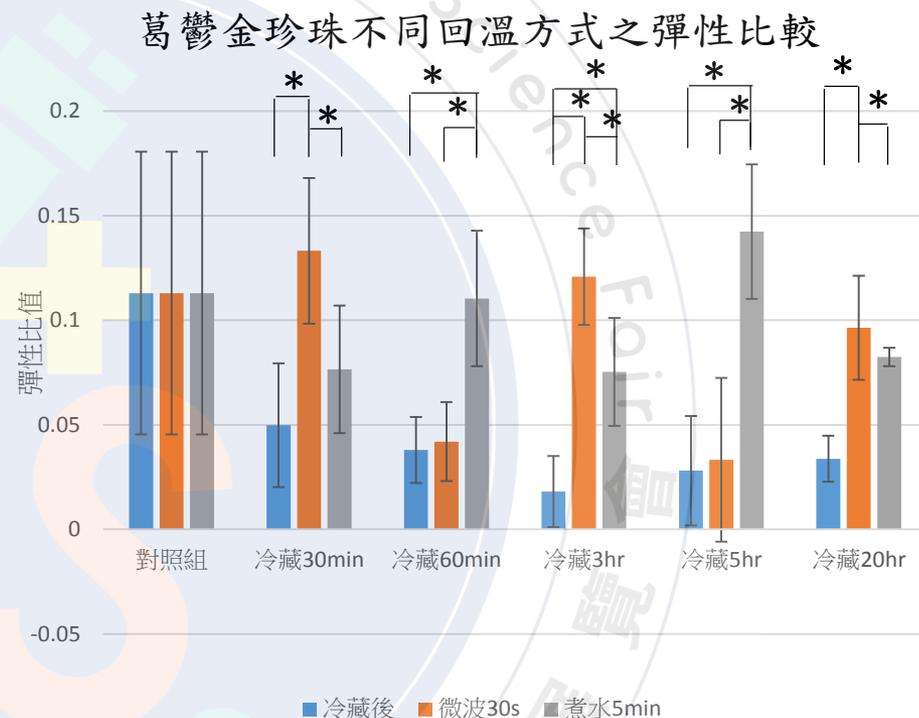
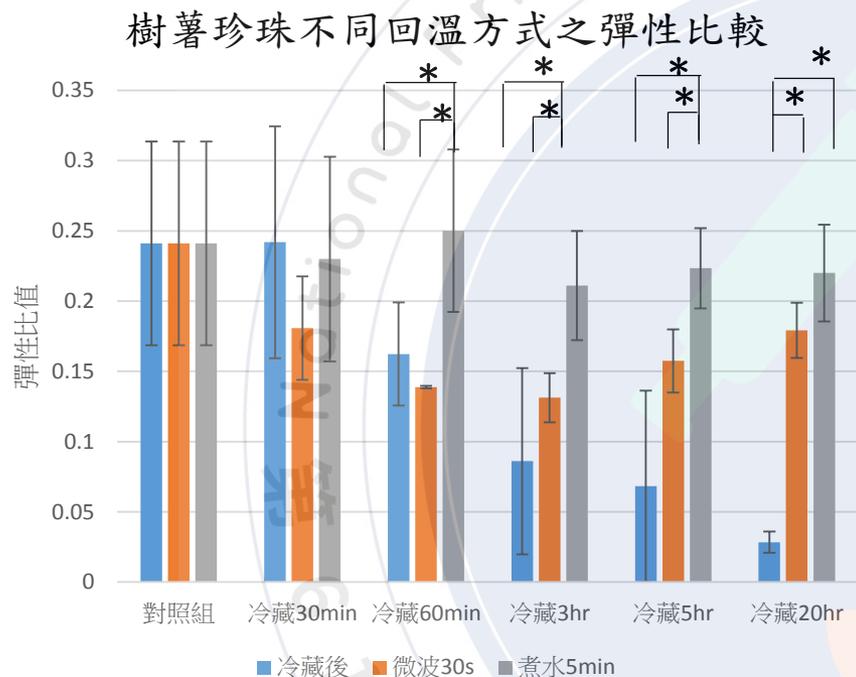
積分 = 評比分數(1~5分) × 百分比

研究目的

- 一、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏後不同回溫方式的彈性變化
- 二、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏時間的長度對彈性的影響
- 三、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠分別冷藏與冷凍20 hr的彈性變化
- 四、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠的含油量不同對抗性澱粉含量的影響
- 五、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏不同時間及回溫後的抗性澱粉含量
- 六、口感盲測探討大眾對葛鬱金珍珠口感的接受度

研究結果與討論

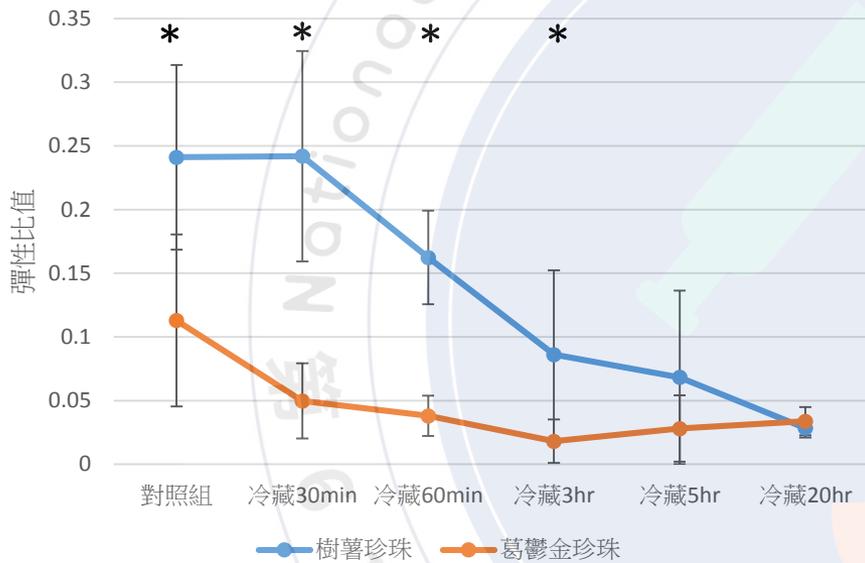
一、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏後不同回溫方式的彈性



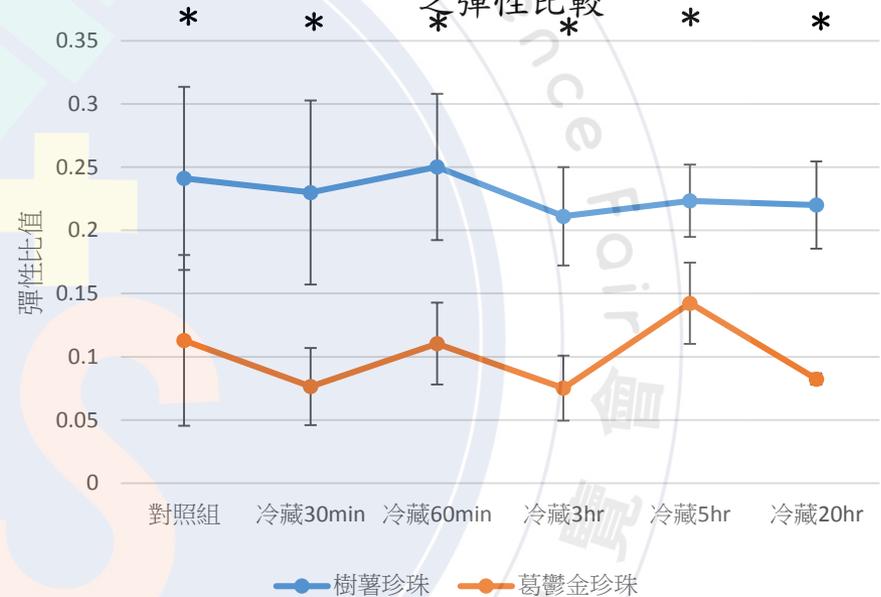
- 樹薯珍珠和葛鬱金珍珠回溫後的彈性都能有效回升，且有些珍珠回溫後的彈性甚至比對照組彈性還要好，因此可以知道回溫能有效使彈性回復。
- 結果中發現珍珠微波回溫後的彈性變化幅度較大，因此認為煮水回溫是一個較好的回溫方式。

二、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏時間的長度對彈性的影響

樹薯及葛鬱金珍珠冷藏不同時間之彈性比較

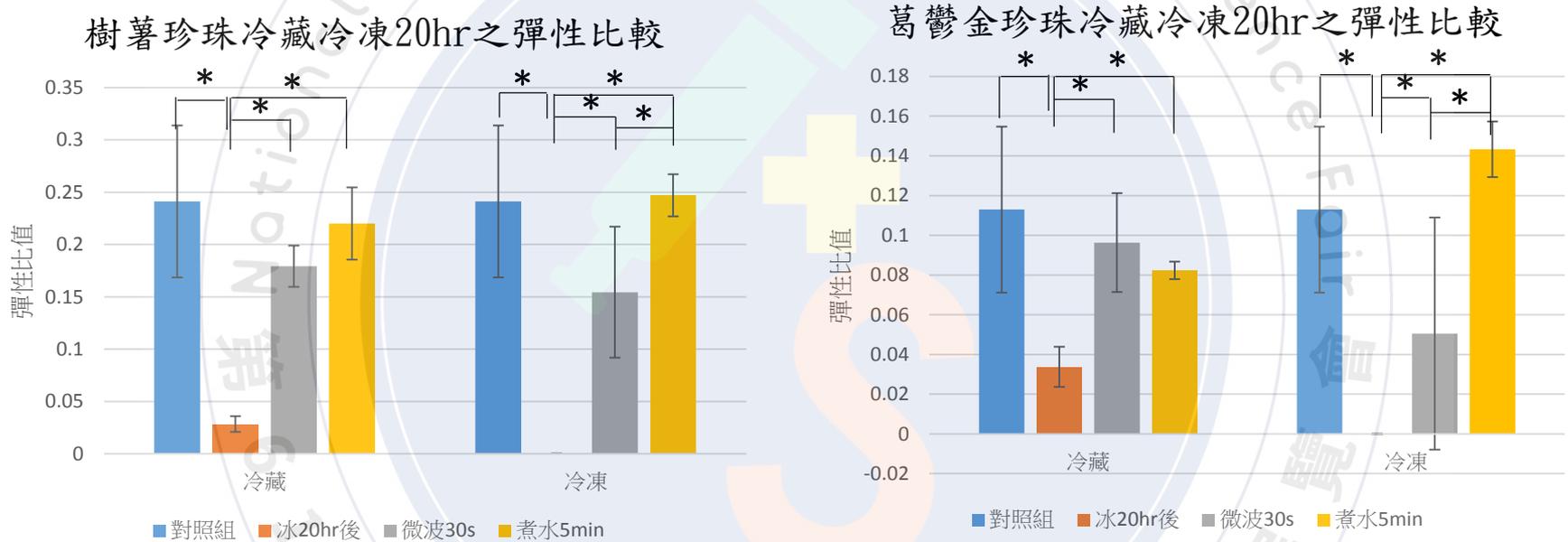


樹薯及葛鬱金珍珠冷藏不同時間後煮水5min回溫之彈性比較



- 兩種珍珠冷藏後的彈性皆隨冷藏時間的增加而降低。
- 不論是何種珍珠，煮水5 min回溫後彈性都能有效回復。

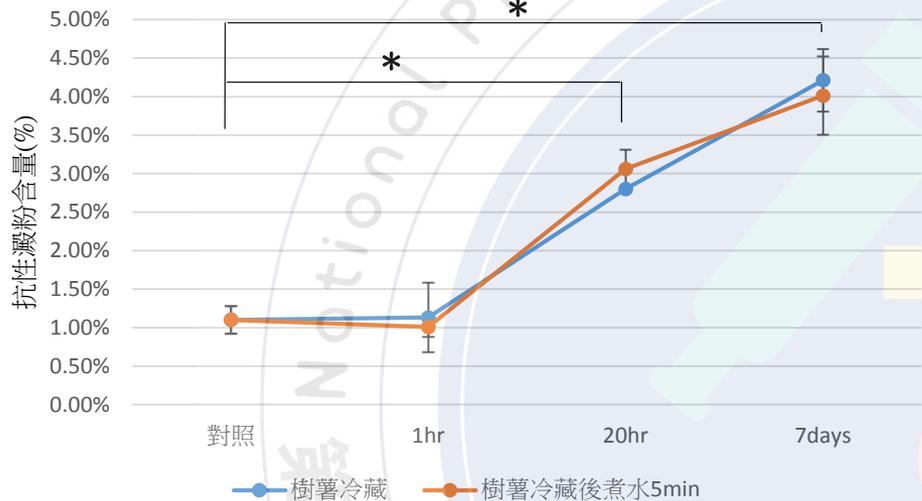
三、比較樹薯珍珠、葛鬱金珍珠分別冷藏與冷凍20 hr的彈性



- 冷藏與冷凍兩者對彈性的影響差異不大，且回溫後的彈性都有回復。

四、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠冷藏不同時間及回溫後的抗性澱粉含量

樹薯珍珠冷藏不同時間的抗性澱粉含量

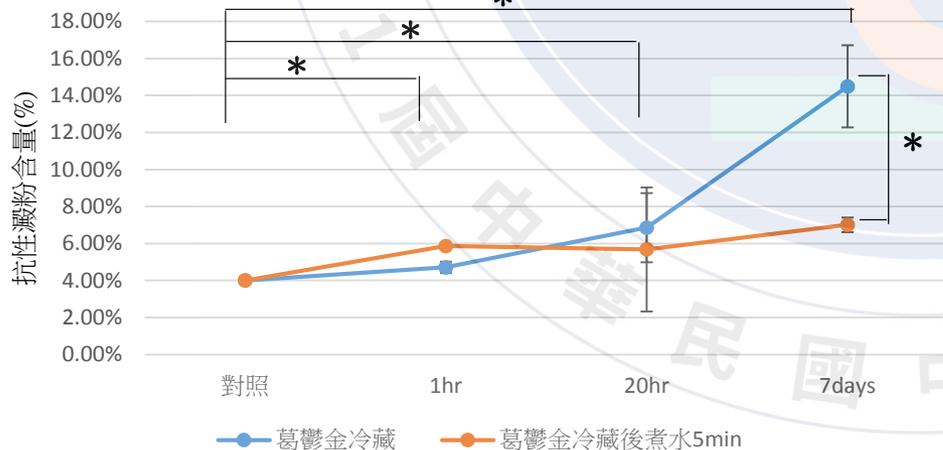


➤ 冷藏的時間長度和抗性澱粉含量呈正相關。

➤ 珍珠在冷藏後與回溫後的抗性澱粉含量變化不大，只有葛鬱金珍珠冷藏7 days回溫後的抗性澱粉有較明顯的下降。

➤ 若能找出回溫後仍能保留抗性澱粉的關鍵，冷藏後回溫再食用就可以做為健康飲食的指引，這是我們未來研究的目標。

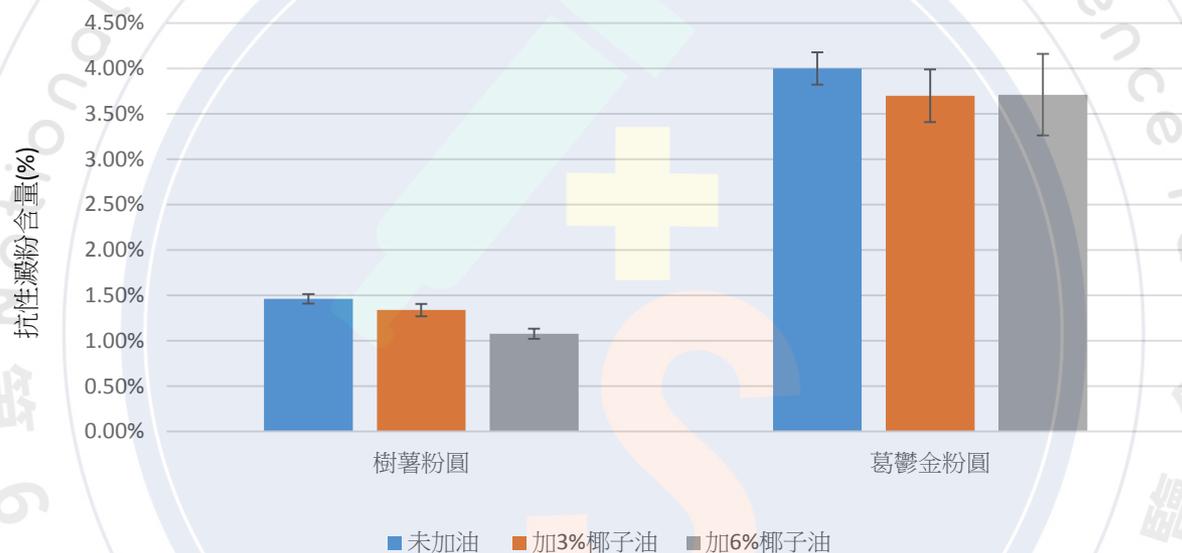
葛鬱金珍珠冷藏不同時間的抗性澱粉含量



➤ 實驗顯示葛鬱金珍珠的抗性澱粉含量經過任何處理皆高於樹薯珍珠，因此可作為更好更健康的珍珠原料。

五、探討樹薯珍珠、葛鬱金珍珠的含油量不同對抗性澱粉含量的影響

樹薯及葛鬱金珍珠加油之抗性澱粉含量比較



- 加油量的多寡對珍珠的抗性澱粉含量影響不大，與我們預期的結果不同。
- 我們認為加油無法提升珍珠的抗性澱粉含量，和直鏈澱粉的多寡無關，可能也是和澱粉的結構有關。

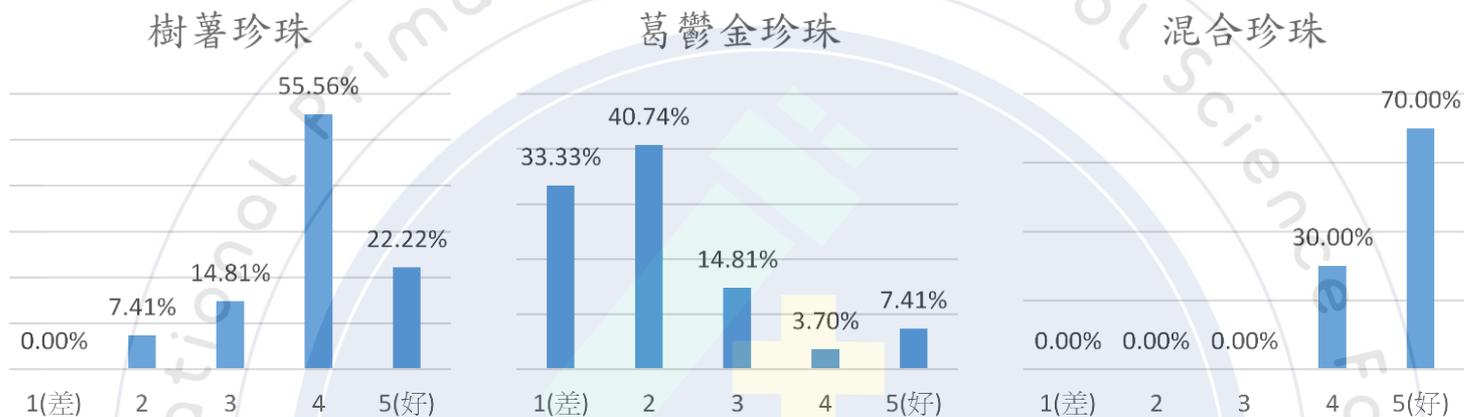
六、口感盲測探討大眾對葛鬱金珍珠口感的接受度



整體Q度口感積分：混合>樹薯>葛鬱金



整體硬度口感積分：葛鬱金>混合>樹薯



整體口感積分：混合>樹薯>葛鬱金

- 根據口感盲測的結果，發現葛鬱金珍珠的口感確實較差
- 混合珍珠的口感還比樹薯珍珠更受大眾喜愛
- 未來可朝此方向製作健康又美味的珍珠。

結論 & 未來展望

- 做珍珠是一個麻煩且耗時的過程，且珍珠冷藏後會變硬，所以通常會將當天剩下沒吃掉的珍珠丟掉。
- 根據我們的實驗結果，現在可一次性的煮較大量的珍珠，然後將未食用的冷藏，等到要吃時再煮水回溫。



避免浪費

減少熬煮時間

回復口感

珍珠冷藏後有較高的抗性澱粉

