

[2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組成果報告表單

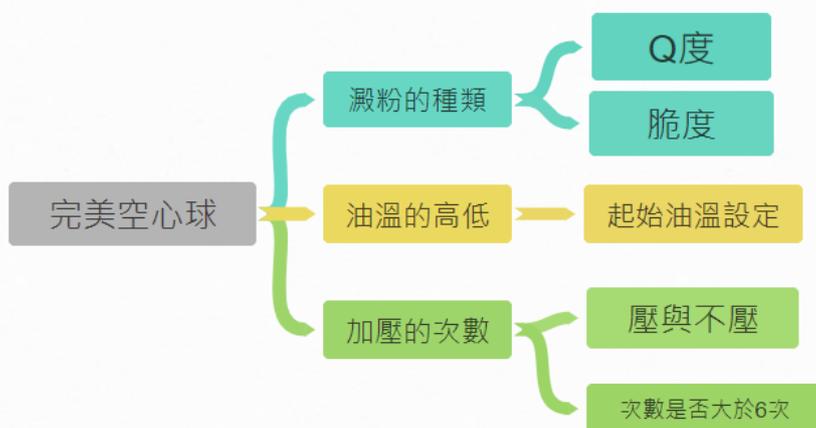
題目名稱：完美空心球 - 探討地瓜球空心比例的影響
一、摘要：
我們發現了地瓜球這種夜市常見的美食，在網路上有許多可自製的簡單食譜。但每一種食譜看似不一樣，可是製作出來的地瓜球都是一樣的，為何地瓜球會有這樣的多變呢？是什麼樣比例的食譜可以造就完美與不敗呢？於是我們做了三個探討，分別是：1.不同種類的粉對地瓜球空心比例的影響。2.不同的油溫對地瓜球的空心比例影響。3.壓地瓜球不同的次數對地瓜球空心比例的影響。由三項實驗探討我們發現：樹薯粉所做的地瓜球最為 Q 彈，地瓜粉則為最脆；油溫則控制在 130 度狀況最佳；要空心的話，壓的次數必須不少於兩次。
二、探究題目與動機
地瓜球是一種以樹薯粉製作的著名台灣夜市小吃，常常能見各種不同口味、顏色或是改良過的地瓜球，每種口味皆令人欲罷不能。出於對地瓜球滋味的迷戀，便想自製地瓜球。經於網路上搜尋，發現許多自製地瓜球的食譜，甚至有標榜著「不敗」和「完美」。看到這個勾起我們的好奇，不敗的比例是真的嗎？這些材料的比例，對地瓜球又會是什麼影響呢？什麼是完美的比例？為了找出這些問題的答案，並做出一份完美的地瓜球，我們展開了探究。
三、探究目的與假設
我們在製作地瓜球時發現，透過澱粉糊化的過程，可產生酥脆的外皮及膠狀內餡。軟 Q 口感來自內部的膠狀內餡，酥脆度則和空心程度有關，地瓜球愈是空心，脆度愈大。因此我們認為地瓜球的空心比例和吃起來的口感有關，而會影響地瓜球空心比例的因素則有澱粉種類、油溫高低與加壓次數。另外我們從文獻中得知支鏈澱粉(決定黏度)與直鏈澱粉這兩種澱粉也會影響口感，因此本次實驗決定使用樹薯粉與地瓜粉(支鏈數量：樹薯粉>地瓜粉)進行以下探討： <ol style="list-style-type: none">1. 了解不同種類的澱粉對地瓜球空心比例的影響。2. 了解不同的油溫對地瓜球空心比例的影響。3. 了解加壓次數對地瓜球空心比例的影響。
四、探究方法與驗證步驟
(一) 實驗器材 食材：樹薯粉、地瓜粉、糖、油、地瓜 器具：卡式爐、鍋子、料理溫度計、電子秤、尺、游標卡尺、彈簧秤、長尾夾、攪拌刮勺、釘子、分貝器(手機 APP)

(二) 地瓜球製作方法 (參考資料 2)

1. 將地瓜蒸熟使其軟爛，壓成泥狀，再將地瓜：澱粉：糖以 10：4：2 的比例混合均勻。
2. 將地瓜泥團分成 10 克的小球體後丟入油鍋，待地瓜球浮起後加壓(我們一開始設定壓 6 次，後依實驗調整設定)，等地瓜球脹大即可起鍋。



(三) 研究架構



(四) 實驗流程

實驗一：了解不同種類的澱粉對地瓜球 Q 度的影響

1. 實驗過程：

(1) 將地瓜和糖混合，再加入不同比例的澱粉，製作地瓜球。油溫達 130 度時下鍋，等外皮成形時加壓 6 次。

組別	材料比例			
A	地瓜 100 公克	樹薯粉 40 公克	糖 20 公克	對照組(註 1)
B	地瓜 100 公克	樹薯粉 20 公克 地瓜粉 20 公克	糖 20 公克	
C	地瓜 100 公克	地瓜粉 40 公克	糖 20 公克	

註 1：以參考資料 2 的食譜比例作為對照組。

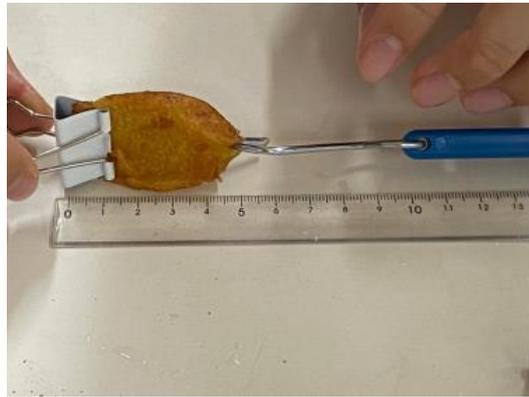
(2) 每組皆以 10 顆成品進行測試與訪談。



2. 驗證方法：我們使用了兩種方式，一是自製測量 Q 度與脆度的工具，二是多人訪談。

(1) Q 度的檢驗：自製 Q 度測量器

我們發現地瓜球的膠狀內餡是導致 Q 彈的主因，因此測量地瓜球的延展性來代表 Q 彈程度，測量方法如下：將地瓜球壓扁，把空氣擠出，利用長尾夾固定地瓜球的一端，另一端則以彈簧秤連接（如下圖），拉動彈簧秤至地瓜球的直徑較原來增加 1 公分，紀錄所需施力（公克重），且每增加 1 公分就紀錄一次，直到地瓜球斷裂為止。



(2) 脆度的檢驗：

我們認為酥脆的食物在碎裂時會有聲音，且愈脆聲音愈大。因此我們使用釘子戳破地瓜球表皮，以分貝器（手機 APP）接收音量，再由分貝數來判斷地瓜球的脆度。

(3) 多人訪談

我們訪談了校內老師與同學，在訪談了 10 位老師中，5 人認為 A 的口感較 Q 彈、2 人認為 B 的口感為軟硬適中、老師們有 3 人認為 C 的口感較脆；老師們認為 B 的軟硬度較適合他們咀嚼。

我們訪談人 50 位學生，女生 23 人、男生 27 人，年齡介於 12-13 歲之間，喜歡地瓜球口感為 Q 彈的有 12 人、喜歡地瓜球口感為脆口的有 20 人、喜歡地瓜球 Q 中帶脆的有 13 人。

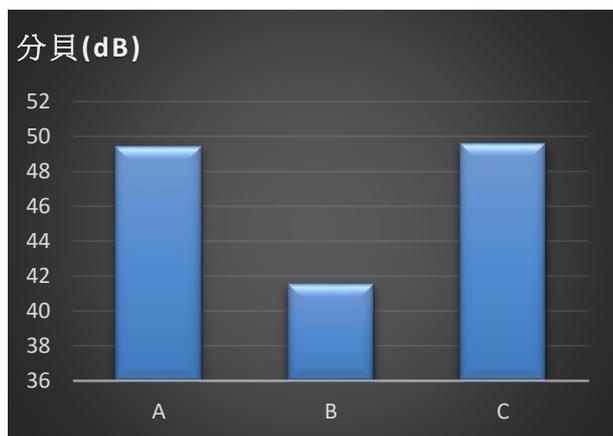
3. 結果：

(1) 從自製測量器的數據發現，A 樹薯粉可拉長至 4cm 與 5cm，且所需的力較小，可延展長度較交；而 C 地瓜粉配方，全數只拉到 5cm 後就斷裂；B 樹薯粉加地瓜粉，所

需施力比 A 樹薯粉大，且拉到 5cm 後就斷裂，但整體斷裂次數比 C 地瓜粉少。由此可知，A 樹薯粉配方，在延展性上優於其他兩種配方。

		第 1 顆	第 2 顆	第 3 顆	第 4 顆	第 5 顆	第 6 顆	第 7 顆	第 8 顆	第 9 顆	第 10 顆
		A	原長	3	3.2	3.3	3.5	3.3	3.5	2.9	3
	4cm/gw	x	70	95	84	81	80	93	98	65	69
	5cm/gw	x	100	125	115	105	106	123	145	100	107
		x	x	x	x	200	x	x	x	x	x
		第 1 顆	第 2 顆	第 3 顆	第 4 顆	第 5 顆	第 6 顆	第 7 顆	第 8 顆	第 9 顆	第 10 顆
		B	原長	3.3	3.5	3.3	3	3	3.1	3.2	3.2
	4cm/gw	55	110	91	87	100	80	135	145	146	190
	5cm/gw	75	145	123	136	140	127	185	200	x	x
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		第 1 顆	第 2 顆	第 3 顆	第 4 顆	第 5 顆	第 6 顆	第 7 顆	第 8 顆	第 9 顆	第 10 顆
		C	原長	3	3.2	3.3	3.5	3.3	3.5	2.9	3
	4cm/gw	125	185	190	175	185	x	190	185	x	x
	5cm/gw	250	235	240	225	240	x	240	230	x	x
		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(2)經過數據平均後，發現 A 樹薯粉的 49.4 dB 和 C 地瓜粉的 49.6 dB 較高，B 樹薯粉加地瓜粉為 41.5 dB，與訪談的結果相同，Q 度的測量結果也顯示此配方確實較軟。



(3)我們發現在脆度表現上 A 樹薯粉和 C 地瓜粉數值結果相近，但若將 Q 度放入考慮，會發現地瓜粉配方只有脆，樹薯粉則是 Q 和脆兼具。另也發現脆的地瓜球，空心程度越大，皮越薄；Q 的地瓜球，空心部分通常會有一塊糊化的膠狀內餡，是 Q 度表現的主要來源。

實驗二：了解不同油溫對地瓜球空心比例的影響

1. 實驗過程：

(1)原料製作：由實驗一發現 A 樹薯粉的空心狀況最佳，因此後續實驗以 A 樹薯粉的配方進行製作。

(2)以不同油溫炸地瓜球，分別有 130 度，160 度，超過 200 度。

2.結果：

高油溫 200 度或 160 度，會使地瓜團熟度不好控制，容易一下鍋不到三分鐘就呈焦黑。油溫小於 130 度，外部成熟度會和內部不同，導致地瓜球無法膨脹。因此油溫最好控制在 130 度左右，較好控制成熟度也不會過高溫，一下鍋就呈焦黑。



實驗三：了解加壓次數對地瓜球空心比例的影響

1.實驗過程：

(1)製作 20 顆地瓜球，每顆 10 公克，每顆直徑約 2.5 公分。

(2)一次全部下鍋，5 分鐘後起鍋第一顆(未加壓)，每 30 秒起鍋 2 顆，依序加壓。

(3)為了瞭解冷卻後的空心狀況，每次皆起鍋 2 顆；第 2 顆待起鍋後 30 分鐘進行測量。

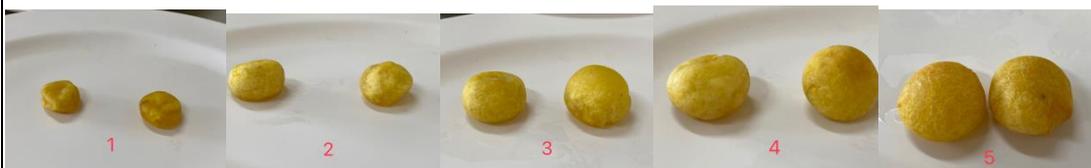
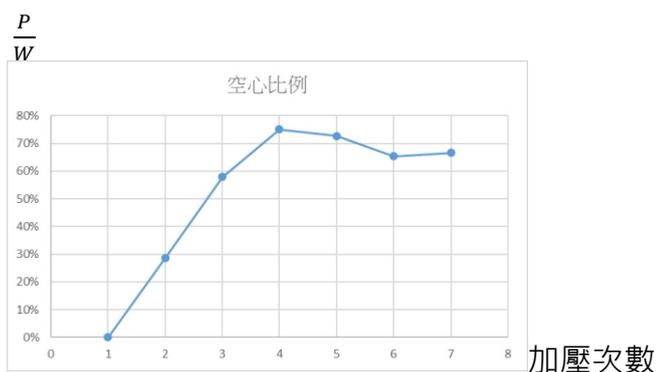
(4)以游標卡尺測量地瓜球油炸前後之外、內徑的大小。

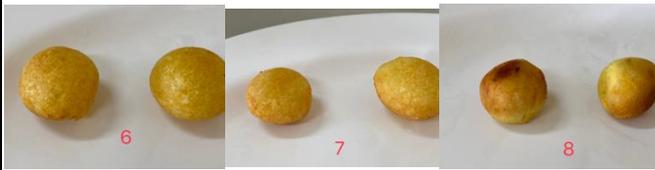
(5)紀錄地瓜球直徑變化、空心比例與冷卻後的直徑變化。

(6)利用「排水法」(註 2)，計算地瓜球的空心比例。

註 2：先將地瓜球糊化的膠狀內餡剪掉，再把地瓜球剩餘外皮(簡稱皮)放進水中測量體積(測量後的值為 P)，再利用排水法測量外皮與膠狀內餡的體積(W)；定義空心比例為 $\frac{P}{W}$ 。

2.實驗數據：





3.結果：

(1)可由加壓的次數和地瓜球的外徑和內徑比，發現壓的次數超 2 次的體積大小，會有顯著的膨大，且空心比例漸增，但反之壓一次者皆沒空心。想要有空心狀況則加壓的次數不低於 2 次的地瓜球。

(2)加壓 3 次以上，體積和空心比例並無顯著差異，不會因加壓次數提高而提高。由此推斷，只要地瓜球壓兩次以上，就會有空心情形，完美空心比例會落在第 3 次與第 4 次加壓。

(3)30 分鐘後測量地瓜球的外徑和內徑長度，無顯著的改變，但經過冷卻後，地瓜球內部溫度下降，脆皮上的油進入內部，地瓜球開始變軟且不酥脆，然後內部空心比例與剛起鍋時的狀態無明顯差距。

五、結論與生活應用

(一) 結論

1.不同澱粉對地瓜球的製作會影響口感，無論是訪談或是自製測量器的測試皆發現樹薯粉所製作的地瓜球，其支鏈數量較多，所產生口感 Q 度來自於膠狀內餡，並且透過糊化高溫鎖住水份產生出的脆皮，Q 中帶脆最受歡迎。

2.油溫過高使得粉團加速熟成甚至焦化，因此我們認為油溫與空心狀況及口感無任何影響。

3.加壓次數對空心狀況的測試中，5 分鐘之後且麵團已浮起來，即可開始加壓。且我們發現加壓第 2 次或第 3 次就會定型，原因來自於油溫與粉團的熟成，但第 4~6 次透過加壓，油溫進入地瓜球內部，加速糊化及表皮的脆化。

4.雖然不同的澱粉、油溫及加壓狀況皆會影響地瓜球的口感及空心狀況，但製作的人熟悉流程與製作的步驟才是成功的關鍵。

(二) 生活應用

雖然地瓜球只是地方小吃，但這黃金小球，可以在不同的配方下，形成不一樣的口感。我們發現標準化的製作流程不但可以讓食物的大小一致，也能讓口感近似雷同。一樣美食一道菜從發想到製作，到成為商品，經過多次試驗，也讓我們知道食品科學對我們的飲食是個很重要的關鍵歷程。

參考資料

1. 第 58 屆全國中小學科展作品-Q 勁十足的 QQ BALL-探討不同變因對地瓜球特性之影響
2. 食譜參考來源：完美空心、不敗比例，皮脆肉 Q 的地瓜球

<https://heatherlin0804.pixnet.net/blog/post/403185986>