

裝訂線

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：發糕笑容中的秘密

關 鍵 詞：發糕、泡打粉、水合比例（最多三個）

裝訂線

編號：A3035

裝訂線

摘要

發糕『笑』的愈開愈好，代表今年越會發財，但是發糕為什麼會「笑」呢？我們從這個問題出發，上網搜集資料，知道麵粉與泡打粉會影響發糕的口感以及膨發狀況，並設計檢驗泡打粉化學性質的實驗，發現其遇水加熱會產生二氧化碳氣體，是發糕膨發的主要原因。實際製作發糕來探索影響發糕膨脹的原因，發現蒸發糕的方式、黑糖、水、容器、泡打粉的量會影響發糕的膨脹程度。針對泡打粉量與水合比例設計實驗發現泡打粉會影響發糕的膨發程度，發現麵粉(g)與泡打粉(g)的比列大約為 35:1 為最佳比例；水 (ml) 與麵粉(g)的比例大約於 6：7，可以造成發糕有最大的隆起高度也張裂程度巨大。

壹、 研究動機

在過年時，奶奶都會親手做一種糕點，它非常的特別，有著醒目的外觀，而且是過年拜拜的必備物品之一，他就是「發糕」，發糕的外型像隆起的火山，奶奶說：「發糕『笑』的愈開愈好，代表今年越會發財。」也因此，在發糕出爐前，大家總是會暨期待又擔心的圍在蒸籠旁，期待開鍋後能見到開懷大「笑」的發糕。但是發糕為什麼會「笑」呢？饅頭、包子、西式蛋糕都沒有像發糕一樣張裂的外表，究竟發糕裡藏了什麼秘密呢？我們開始搜集相關資料，希望可以找到影響發糕張裂的因素，製作出笑容滿面的發糕，此研究融入五上「水溶液」、六上「熱對物質的影響」及六下「微生物與食品保存」等單元，以此開啟了發糕笑容裡的探索旅程。

貳、 研究目的

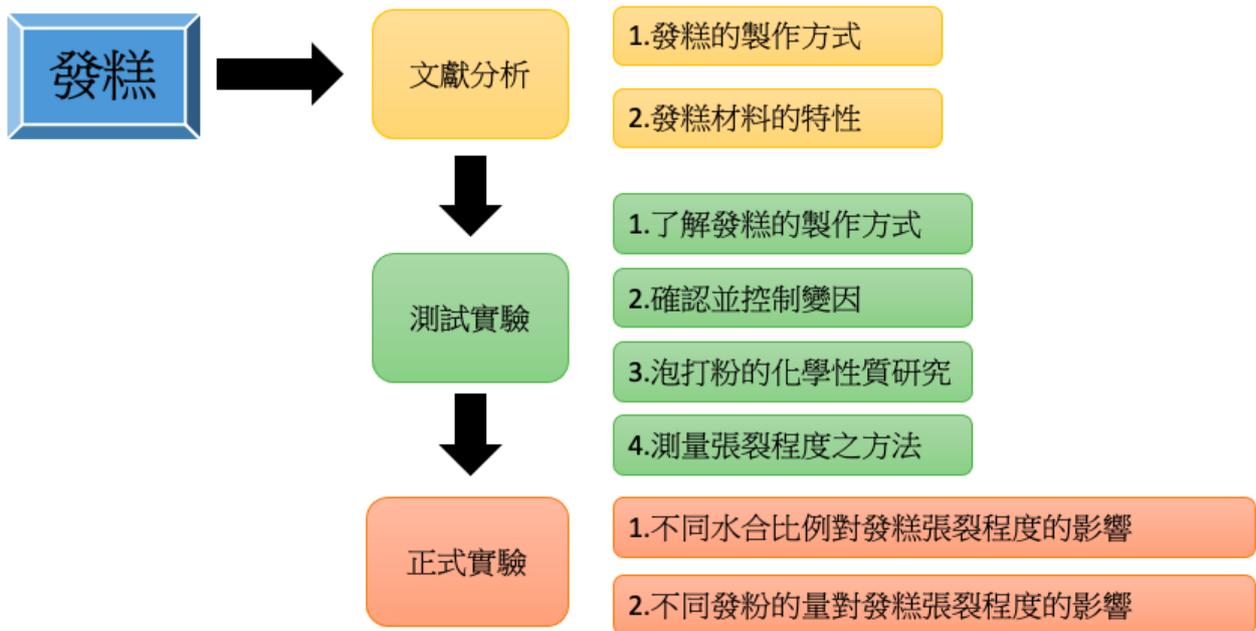
- 一、 瞭解發糕發起的原因。
- 二、 瞭解發糕的製作方式並自製發糕。
- 三、 探討測量發糕膨發程度的方法與標準。
- 四、 探討泡打粉的化學性質與特色。
- 五、 探討不同因素對發糕張裂程度的影響。

參、 研究問題

- 一、 藉由文獻探討與發糕測試實驗以瞭解麵粉、泡打粉的特性對於發糕的膨發是否有影響？
- 二、 在製作發糕時，有哪些變因需要考慮？

- 三、藉由實驗探討泡打粉會所產生何種化學反應？
- 四、探討不同泡打粉的量對發糕膨發程度是否有影響？
- 五、探討不同水合比例對發糕膨發程度是否有影響？

肆、研究架構圖



伍、研究設備及器材

編號	耗材	編號	器材
1	低筋麵粉 4kg	1	電鍋 2 個
2	水	2	廣口瓶 1 個
3	黑糖 2kg	3	塑膠袋 2 個
4	無鋁泡打粉 200g	4	酒精燈 1 個
5		5	耐熱矽膠刮刀 2 隻
6		6	20cm 打蛋盆 2 個
7		7	16cm 篩網 2 個
8		8	打蛋器 2 支
9		9	小蛋糕模 10 個
10		10	微量天秤 1 個
11		11	電子秤 2 個
12		12	

陸、 研究過程或方法

一、文獻分析

(一)、名詞釋義

1. 發糕

發糕又稱發粿、發版，是一種流行於浙江、華南地區、港澳、臺灣、印尼及新馬一帶的傳統新年食品，常用於祭祀或送禮。發粿在閩南語的諧音有發財、高升的意思，客家人稱粿上的裂痕為「笑」，外型的裂痕越大，裂痕越深，象徵新的一年笑口常開事事如意。傳統的發糕是由泡水米加水研磨成漿，再加入砂糖、黑糖與麵粉攪拌，再加入酵母粉靜置發酵後，裝容器後蒸熟。現今的作法多用低筋麵粉、泡打粉及糖水融合後蒸熟。

2. 麵粉

麵粉是一種由小麥類磨成的粉末，是常見的食品原料，麵粉的主要成分有澱粉、蛋白質、脂肪、水、礦物質以及少量的維生素和酶類。並且依據麵粉中麩質蛋白含量的比例，常見的麵粉可以分為低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉。麵粉的筋度越高，麩質蛋白的含量就越高，澱粉也比較少，加水後的黏度也會越高、不易鬆散，所以就比較有彈性；低筋麵粉麩質蛋白較少，麵團的彈性就比較低，中筋麵粉則是介於高筋跟低筋之間。

(1) 低筋麵粉：筋度與黏性都非常低，質地鬆軟，手抓的話是很容易成團狀。麩質蛋白含量最低（6.5%~9.5%），製作出來的東西鬆軟、化口性好，大多用來製作甜點，像是鬆餅、海綿蛋糕、千層蛋糕，這類口感較柔軟的甜品。

(2) 中筋麵粉：筋度與黏性介於低筋麵粉與中筋麵粉之間。麩質蛋白含量大約於8.0%-10.5%的含量，是日常生活中最常使用的澱粉，因為用途最廣、筋度適中，柔軟又帶點嚼勁，不像高筋這麼Q彈，適合用來做包子、餃子皮、饅頭。

(3) 高筋麵粉：顏色較深，具有很強的活性，用手摸的話特別光滑，而且用力去捏麵粉的話，麵粉不容易成團，是非常鬆散的，主要原因是由蛋白質過高導致的。麩質蛋白含量約在11.5~13.5%左右，延展性跟黏性比較高做出來的食物口感也會比較有彈性，適合用來做咀嚼口感較明顯的披薩皮、吐司等麵包類的東西。

3. 化學膨發劑

大多數的化學膨發劑都是運用某些酸鹼化學物質之間的反應來產生二氧化碳，可以用於食品製作中，來達到與酵母相同的功能，其中常見的化學膨發劑有小蘇打粉與泡打粉。

- (1) 泡打粉：泡打粉又稱為發粉，其中含有小蘇打粉（鹼性）、塔塔粉（酸性）、玉米粉，是中性質。乾性時，完全是惰性，加入液體後，其中的酸鹼物質（主要是小蘇打粉、塔塔粉）各自作用，產生二氧化碳氣體。市面上常看到的泡打粉大多屬於雙效的，遇到液體跟熱都會作用。泡打粉與麵粉混合調成麵糊時會產生第一次的氣體，然後在進入超過 120F/50C 的烤箱內才會開始作用，產生第二階段的膨發。所以有些麵糊不能先做好的原因在此，當膨發反應已經結束後你損失了部分的膨脹能力。
- (2) 小蘇打粉：小蘇打粉是一種叫做碳酸氫鈉的鹼性化合物，與麵團中的酸性物質中和後產生鈉、水和二氧化碳，不需要透過加熱方式來產生氣體，因此混合之後的麵團要儘快送進烤箱裡烘焙。

（二）、發糕製作流程

由於實驗目的在於研究發糕張裂，故參考現代發糕簡易做法製作，做為發糕製作流程參考，本食譜參考愛料理♡安夏の手作人妻食堂♡之分享。

1. 製作材料：水 100g、低筋麵粉 140g、黑糖 80g、無鋁泡打粉 5g。
2. 製作流程：
 - (1) 將低筋麵粉加泡打粉，過篩備用。
 - (2) 將黑糖水加入粉類，攪拌均勻。
(黑糖水製作：水加糖攪拌)
 - (3) 倒入杯模約 8 分滿。
 - (4) 加水至層架，放入大滾中的蒸鍋，蓋上鍋蓋，蒸 15~18 分鐘
 - (5) 起鍋放涼，即完成。

二、測試實驗

（一）、發糕試做之步驟與狀況

前言：在確認研究問題與文獻分析後，依據網路食譜進行第一次的試做，用來探討過程中發生的問題，實驗過程如下：

準備製作道具與材料	耐熱矽膠刮刀 2 隻 20cm 打蛋盆 2 個 16cm 篩網 2 個 打蛋器 2 支 小蛋糕模 10 個 電鍋 2 個 磅秤 1 個 低筋麵粉 1000 公克 泡打粉 100 公克
-----------	---

	黑糖 1000 公克	
研究步驟	照片	問題與討論
<p>步驟一 將低筋麵粉過篩。</p>		<p>沒問題</p>
<p>步驟二 將篩過的麵粉秤重 140g</p> <p>第一次修正 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中</p>		<p>發現問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 秤的數值間格太大，無法精準測量克數。 2. 麵粉殘留於秤上，可能造成誤差。 <p>解決方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 改用電子秤進行克數的測量。 2. 將容器放置於秤上，歸零後，再次測量。
<p>步驟三 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌</p>		<p>發現問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 因秤子沒有測量公克的刻度，無法測量發粉量。 <p>解決方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 使用電子秤代替秤子。

<p>步驟四 將調好的黑糖水加入低筋麵粉與發粉中。</p> <p>*糖水比例:100g 熱水加入80g 黑糖。</p> <p>修正後 將調好的黑糖水 180ml 加入低筋麵粉與發粉中。</p> <p>第二次修正 將 80g 黑糖加入 100ml 的水，攪拌均勻後，加入低筋麵粉與發粉中。</p>		<p>發現問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 黑糖水的溫度無法控制 2. 黑色的顆粒不知是否影響 <p>解決方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 先調好黑糖水 2. 將融合的麵糊過篩
<p>步驟五 到入模具中。</p> <p>修正後 將融合的麵糊過篩入模具中。</p>		<p>沒問題</p>
<p>步驟六 放入電鍋中，蒸 15 分鐘。</p> <p>修正後 先讓電鍋煮滾，在將裝有麵糊的容器放入電鍋的內鍋中蒸 15 分鐘。</p>		<p>發現問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 電鍋水量僅加入 100 毫公升，導致蒸的時間過短。 <p>解決方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 加入較多的水進電鍋，以確保能夠穩定的蒸，並且先將電鍋預熱，等到水滾再放入發糕，以免有溫度的影響。

(二)、討論可能影響發糕膨發程度的變因

1. 分組試做結果與討論

第一組	<ol style="list-style-type: none">1. 發粉的量無法秤量，導致加的量過少，需要用電子秤來進行精準的測量。2. 蒸 15 分鐘後沒有發起來，變成口感有如黑糖糕的糕點。	
第二組	<ol style="list-style-type: none">1. 在蒸的過程中，我們發現另一鍋的發糕沒有發，於是直接在每一個的發糕麵糊中加入些許發粉攪拌，經過 10 分鐘後，發糕不規則狀鼓起。	
解果與啟示	<p>實驗的過程中每一個東西的量都需要精準測量，尤其是發粉，這次兩組都沒有發的原因推測在於發粉加太少，因為第二組在發現第一組沒有發後，緊急加入些許發粉後，發糕型態有立即的改變，但是因為攪拌不均勻以及攪拌導致氣體散失，造成第二組不規則隆起。接下來的實驗需要確認每一個變因，且要精準測量。並且針對實驗中所遇到的問題一一提出解決方法，新發糕製作流程如下：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 將低筋麵粉過篩。2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌4. 將調好的黑糖水 180ml 加入低筋麵粉與發粉中。5. 將融合的麵糊過篩入模具中。6. 先讓電鍋煮滾，在將裝有麵糊的容器放入其中蒸 15 分。	

2. 測試可能影響發糕的變因

(1) 修正實驗後第一次試做與測量不同泡打粉量對發糕造成的影響

實驗前言：在測試實驗中，我們推測發糕失敗的原因為泡打粉量不足，因此，本實驗將進行正確的泡打粉比例製作，並且加入不同量的泡打粉，以觀察其張裂程度的變化，且為了大量製作不同比例的發糕，我們將原本的比例除 2，並事先將將黑糖水調製完成，調和比例為 1000ml 水+800g 黑糖，並且經過討論後，我們本來將麵糊裝到 8 分滿，為了方便記錄發糕變化，將其加滿與杯緣平行，實驗設計如下。

實驗設計：

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤稱重 70g 倒置容器中
3. 將 70g 的低筋麵粉加入 A:1g、B:2g、C:3g、D:4g、E:5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水 90ml 加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中至平面。
6. 先讓電鍋煮滾，在將裝有麵糊的容器放入電鍋的內鍋中蒸 15 分。



實驗結果

實驗組	照片
A 組 麵粉量 70g 黑糖水量 90ml 發粉量 0g	 
B 組 麵粉量 70g 黑糖水量 90ml 發粉量 1g	 
C 組 麵粉量 70g 黑糖水量 90ml 發粉量 2g	 
D 組 麵粉量 70g 黑糖水量 90ml 發粉量 3g	 

<p>E 組</p> <p>麵粉量 70g</p> <p>黑糖水量 90ml</p> <p>發粉量 4g</p>	 
--	--

觀察結果	實驗組	A 組	B 組	C 組	D 組	E 組
觀察結果		發糕中央鼓起，表面有小洞，裡面成液態。	發糕中央凹陷，中間為空心，底部為液態，麵糊從杯緣流出。	發糕中央凹陷，中間為空心，底部為液態，麵糊從杯緣流出。	發糕中央凹陷，中間為空心，底部為液態，麵糊從杯緣流出。	發糕中央凹陷，中間為空心，底部為液態，麵糊從杯緣流出。

解果與啟示

從實驗結果可以發現，以下幾點，分別推測如下：

- 一、除了實驗組 A 外，其餘的實驗組的麵糊皆從杯緣流出
 推測是因為我們將麵糊裝滿的原因，讓一開始發糕再膨脹且尚未變成固態時，發糕的高體直接從杯緣流出，導致發糕無法膨脹。
 修正建議：改回麵糊量裝到 8 分滿，並且利用量筒測量 55ml 的水，倒入容器中，在水平面的地方用鑷子畫出記號，以作為麵糊量的固定基準。
- 二、五組實驗組內部皆成液態
 推測是因為蒸的時間不夠，導致五組內部皆為液態。
 修正建議：將電鍋蒸的時間調整致 30 分鐘。
- 三、B C D E 組中心為中空
 由於泡打粉遇到液體以及受熱都會產生二氧化碳，推測在電鍋加熱時，二氧化碳產生，麵糊被擠壓出杯子，造成發糕中空的狀況；A 組表面的小洞，推測也是二氧化碳所造成的。
 修正建議：同第一點。

實驗啟示與修正建議

經過實驗後我們重新討論並審視失敗的原因，除了麵糊量以及受熱

	<p>不夠的問題外，在檢查製作步驟時，我們發現黑糖水的比例有問題，最初食譜應該在每一個實驗組都要加入 50ml 的水+40g 黑糖調和而成的黑糖水，但是我們事先為了要讓黑糖水的溫度受到控制，我們先調了一壺 1000ml 水+800g 黑糖的黑糖水，並在每一個實驗組中加入 90ml 的黑糖水，但是「50ml+40g 調和而成的黑糖水」並不等於「90ml 的黑糖水」，才會導致攪拌的過程中感覺麵糊水水的，因此下次實驗不得先將黑糖水調好，以控制正常的黑糖水量與比例。</p> <p>這次的實驗中我們的變因太多過，一次進行很不同的修正，導致問題從各個地方而來，在接下來的實驗中，我們要避免多變因的狀況，以免無法比較。</p>
--	---

(2) 修正實驗第二次試做

實驗前言：經過上次實驗後，我們發現我們太急於進行實驗的對照組，導致一次有許多不同的變因，讓我們的實驗不如預期，於是我們回到最初進行原比例的試作，來觀察泡打粉量金過精準測量後，是否能夠發起來。

實驗設計：

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中
3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水（100ml 熱水+80g 黑糖）加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，在將裝有麵糊的容器放入電鍋的內鍋中蒸 15 分。

實驗結果：

<p>成品照片</p>	
<p>觀察結果</p>	<p>本次製作之成品外觀成焦糖黑色，糕體中鼓起，質地硬且扎實，口感恰似黑糖饅頭。</p>

<p>解果與啟示</p>	<p>相同比例對照第一次測試實驗時未精準測量 5g 之泡打粉的結果(如右圖), 可以發現發糕體明顯膨脹, 且口感變扎實從黑糖糕的感覺變成黑糖饅頭, 於是推測泡打粉的量會影響發糕的膨脹程度, 但是已經依照食譜製作的發糕為什麼還是沒有發呢? 我們推測有以下兩點因素:</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、 黑糖粉的量對於發糕的膨脹程度有影響。 二、 在放置電鍋中蒸時, 是否有內鍋可能會有影響。 	
--------------	--	---

(3) 測試黑糖粉對發糕的影響

實驗前言: 由於不確定發糕為張裂的原因, 我們推測黑糖可能為影響成份之一, 於是本實驗將依照原比例, 但是將黑糖粉去除, 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 發粉, 並直接加入 100g 的水, 來測試未添加 80g 的黑糖粉之成果會有何不同?

實驗設計:

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中
3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌
4. 將白開水 100ml 加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾, 在將裝有麵糊的容器放入電鍋的內鍋中蒸 15 分。



實驗結果:

<p>成品照片</p>				
<p>觀察結果</p>	<p>糕體中央凸出, 表面有裂痕, 口感像是饅頭, 但是有很重的麵粉味。</p>			
<p>解果與啟示</p>	<p>未加 80g 黑糖粉的製作成果明顯比有加黑糖粉所製作出來的發糕(如右圖)還要凸起, 且在糕體上方有明顯的裂痕, 但是吃起來的味道十分不好, 由此可推測, 黑糖粉的主要功能是進行調味, 但是黑糖粉的量或是本身會造成發糕</p>			

的張裂程度有所不同。

(4) 測試有無電鍋內鍋實驗

實驗前言：為了製作出會發的發糕，我們推測是電鍋的內鍋的有無造成影響，所以本實驗將測試是否有電鍋內鍋來進行測試，設立了實驗組與對照組，實驗組為沒有內鍋直接放入電鍋中蒸，對照組為本來的做法，先將未蒸的發糕放入鍋子中加上鍋蓋後，再放入電鍋內鍋，來檢測有無內鍋對於發糕的影響

實驗設計：

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中
3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水（100ml 熱水+80g 黑糖）加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，在將實驗組直接放進電鍋中蒸 15 分；另將對照組放入內鍋中再放進電鍋中蒸 15 分。

實驗結果：

	實驗組（無內鍋）D1	對照組（有內鍋）A1
成品照片		
觀察結果	將內鍋移除的發糕股乞得非常明顯，外表有很大的張裂，口感蓬鬆，是成功的發糕。	先將發糕放入內鍋中在將內鍋一同放進電鍋裡蒸的發糕只有中央微微凸起，口感有如黑糖饅頭扎實。
解果與啟示	根據此實驗之觀察結果，我可以發現一直以來的測試之所以不斷失敗，有很大的原因是因為我們將發糕先放入鍋子中加蓋，並將整個鍋子放入電鍋中蒸，本來為這樣的原因是因為擔心電鍋在蒸的時候會有	

水蒸氣或水滴進入發糕的麵糊中，造成發糕的成分無法控制，沒想到造成發糕製作的失敗，為什麼有沒有直接放進電鍋中會影響發糕這麼大呢？我們詢問有經驗的媽媽，得知有沒有內鍋會影響蒸東西的溫度，且正常來說如果食材不怕水的話，都不會蓋內鍋的蓋子，因為蒸氣沒有辦法進入鍋中加熱，而鍋內的東西就像是被煮一樣，是介由內鍋的導熱來進行加熱，所以會嚴重影響加熱時的溫度，因此，我們發現在蒸發糕時，電鍋中不需要在加內鍋，只需要放置蒸架，讓鍋內的水不會直接噴濺到發糕就好了，不然對讓加熱的溫度不夠高。

(5) 測試黑糖粉末先溶水實驗

實驗前言：在發糕製作的過程中，我們在思考加入黑糖水的步驟是否能改成將 100ml 水加入 140g 低筋麵粉、5g 泡打粉以及 80g 黑糖粉中，先將粉類全部都混合後，是否對發糕有影響，於是我們跟改製作步驟，進行測試。

實驗設計：

實驗組

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中
3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 及 80g 黑糖的發粉均勻攪拌
4. 將 100ml 水加入混合粉類中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，將模具放進電鍋中蒸 15 分。



對照組

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 140g 倒置容器中
3. 將 140g 的低筋麵粉加入 5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水（100ml 熱水+80g 黑糖）加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，將模具放進電鍋中蒸 15 分。

實驗結果：

成品照片	實驗組（粉類混合）B2	對照組（黑糖水另調）
------	-------------	------------

		
觀察結果	實驗組在外觀上可以敏顯得看出發糕張裂程度較對照組低，且在糕體的表面有許多黑色的坑洞。	
解果與啟示	根據本次實驗可以得知，若將黑糖粉直接加入低筋麵粉中再加入水，容易使黑糖結塊，導致發糕的膨脹的時候因麵糊質地不均，而造成氣體散漏的情況發生，所以黑糖粉需要先與水調和，否則會讓黑糖在發糕麵糊中結塊，導致膨脹時氣體散失，張裂程度降低。	

結論

從測試實驗中我們針對發糕的變因進行了實驗與討論，我們發現在蒸發糕時，電鍋中不可有內鍋，以免造成溫度過低，發糕無法膨脹；黑糖粉需要先與水調和成黑糖水，以讓黑糖水能與麵粉均勻混合，不讓黑糖顆粒造成膨脹時的氣體散失；在有無加黑糖粉的實驗中，我們知道黑糖粉在實驗裡的功能為調味，同時黑糖粉的多寡也會影響發糕的張裂程度。

在這些測試實驗中，我們找到了製作發糕的方式，修正了許多困難與問題，接下來我們要來探討泡打粉是如何讓發糕膨發的？泡打粉藏著什麼秘密？

(三)、泡打粉的化學特性研究

1. 研究說明與目的

本次實驗目的是要探討泡打粉的化學性質與特色。依據文獻分析，泡打粉中含有小蘇打粉、塔塔粉與玉米粉等物質，加入液體後，其中的小蘇打粉會與塔塔粉作用，產生二氧化碳氣體，並且在溫度升高後，其中的小蘇打粉會和其他酸性物質進行第二次反應產生二氧化碳，故進行實驗來測量泡打粉遇水是否真的會產生二氧化碳，並對二氧化碳進行加熱，觀察其是否會二次產生二氧化碳。

2. 研究方法

實驗一：將 50 毫升的常溫水，加入一匙泡打粉，觀察其是否產生氣體。

實驗二：將泡打粉水溶液所產生之氣體用澄清石灰水與線香進行二氧化碳檢測，檢驗泡打粉與常溫水所產生的氣體是否為二氧化碳。

實驗三：將泡打粉水溶液放置到沒有氣泡產生，用酒精燈進行加熱，觀察其是否繼續產生氣泡。

實驗四：用線香檢測剛加热的泡打粉水溶液廣口瓶內是否有二氧化碳。

3. 實驗結果

實驗一：將 50 毫升的常溫水，加入一匙泡打粉，觀察其是否產生氣體。		
觀察與紀錄	泡打粉加入水後，便立即開始產生氣泡，並且集中於水面上方，因為未等擴散，即開始產生氣泡。	
實驗二：將泡打粉水溶液所產生之氣體用澄清石灰水與線香進行二氧化碳檢測，檢驗泡打粉與常溫水所產生的氣體是否為二氧化碳。		
觀察與紀錄	利用塑膠袋搜集反映所產生的氣體，並倒入澄清石灰水，搖晃後發現澄清石灰水變成混白色，且將燃燒的線香放入廣口瓶中，線香立即熄滅，可以驗證泡打粉與水混合後會產生氣體，且氣體是二氧化碳。	
實驗三：將泡打粉水溶液放置到沒有氣泡產生，用酒精燈進行加熱，觀察其是否繼續產生氣泡。		
觀察與紀錄	利用酒精等加熱泡打粉水溶液，發現泡打粉沈澱於廣口瓶杯底，並且杯底的泡打粉沈澱產生氣泡，但是氣泡的產生量沒有如實驗一劇烈，且會隨著溫度的升高而逐漸劇烈。	

實驗四：用線香檢測剛加热的泡打粉水溶液廣口瓶內是否有二氧化碳。		
觀察 與 紀錄	因產生氣體過少無法使 用塑膠袋搜集氣體。	無

小結：泡打粉與水接觸後會立即產生許多氣體，且經過驗證後氣體為二氧化碳，並且當泡打粉水溶液在受熱後也會再次產生氣體，但會隨著溫度上升而逐漸產生氣體。由此實驗可知：

一、泡打粉在與水融合後即會開始產生氣體，故需要將製作發糕時，加入黑糖水後，要盡快進行均勻攪拌，以免氣體散失。

二、由實驗三觀察到泡打粉水溶液會隨著溫度逐漸升高而慢慢產生氣泡，也讓我們知道為什麼食譜說要把電鍋預熱，因為未蒸過的麵糊直接放入很熱的電鍋中，反應可以迅速地進行。

三、測量張裂程度之方法與工具



測試實驗之成品

依據測試實驗之成品討論如何測量張裂程度，有以下幾點測量發糕張裂程度之討論，我們認為一個很發的發糕他必須有三點特徵：頂端的裂痕很大、膨脹的高度很大與味道，因為發糕是一種食物，所以吃起來的口感，也是至關重要的，我們針對此三項進行測試方法的討論。

一、頂端張裂公分數：我們認為發糕上的張裂程度是需要被測量的，但是我們發現無法找到適合的測量方法，最初，我們覺得要測量發糕頂端裂痕最大的距離，但是發現裂痕的距離只要夠開，都會是容器的直徑大小，後來，我們討論是否能用最高峰的距離來當作張裂程度，也發現顆發糕的最高峰不一定是對角，也會造成測量的不精準，故我們決議不進行發糕上方裂痕的測量。頂端張裂程度以圖像的比較，來進行張裂程度的對比。

二、膨脹高度：我們為了測量麵糊膨脹的高度，進行了一次的測試實驗，實驗中我們為了控制在蒸發糕前麵糊體積的相同，我們統一將模具倒滿，但是發現在麵糊開始膨脹時，會直接往四方流動，造成麵糊流出來無法膨脹升高，所以我們維持將麵糊裝置八分滿，

並且先將一個模具撞入八分滿的清水，再倒入量筒中，測量出模具裝置八分滿的水容量是 55ml，我們測量將 55ml 的水，倒入各個模具中，並且在水平面的地方刮出記號，以此來統一八分滿的高低位置。我們針對膨脹高度用尺進行測量，將蒸好的發糕連同模具一同測量其最高點至桌面的高度。



三、 口感及味道：口感部分我們用分食的方式，讓研究學生一起針對每個發糕進行味道的討論與紀錄。

結論：我們將以發糕成品的高度進行側量，並且用圖片相對的方式來比較張裂程度的大小，以及用試吃與討論的方式來記錄發糕的口感及味道。

四、正式實驗

(一)、探討不同泡打粉的量對發糕膨發程度是否有影響？

實驗前言：在測試實驗中，我們發現泡打粉對於發糕是否膨脹有很大的影響，為了知道發糕的量與發糕張裂的關係，我們固定麵粉、黑糖水的比例，並加入 1g、2g、3g、4g、5g 的發粉量來測量其差異。

實驗設計：

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤稱重 70g 倒置容器中
3. 將 70g 的低筋麵粉加入 A:1g、B:2g、C:3g、D:4g、E:5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水（50ml 熱水+40g 黑糖）加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，將模具放進電鍋中蒸 15 分。

實驗結果

成品圖

側面圖	A 1g 泡打粉	
	B 2g 泡打粉	
	C 3g 泡打粉	
	D 4g 泡打粉	
	E 5g 泡打粉	

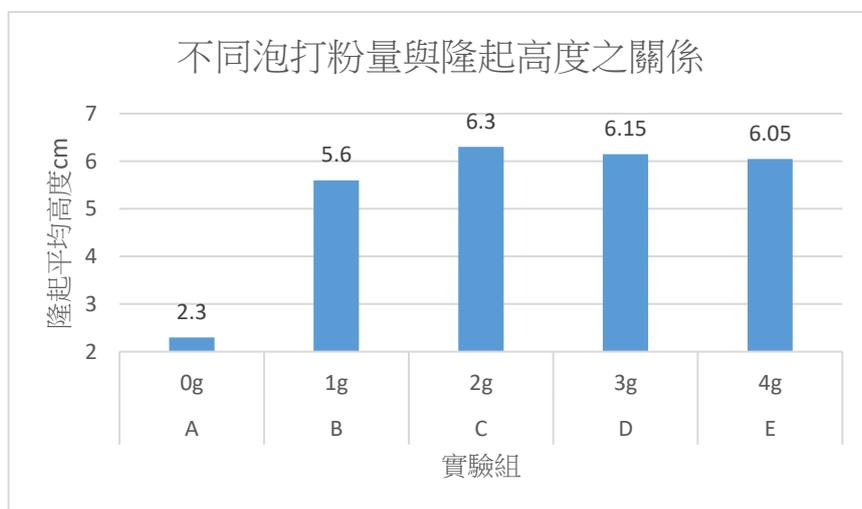
頂端圖	<p>A 1g 泡打粉</p>	
	<p>B 2g 泡打粉</p>	
	<p>C 3g 泡打粉</p>	
	<p>D 4g 泡打粉</p>	
	<p>E 5g 泡打粉</p>	

剖面圖	A 1g 泡打粉	
	B 2g 泡打粉	
	C 3g 泡打粉	
	D 4g 泡打粉	
	E 5g 泡打粉	

實驗數據分析

實驗組	A	B	C	D	E
麵粉量	70g	70g	70g	70g	70g
黑糖水量	50g 水+40g 黑糖				
發粉量	0g	1g	2g	3g	4g
隆起高度公分數 (1, 2)	2.3	5.0	6.0	6.2	6.5
	2.3	6.2	6.6	6.1	5.6
隆起高度公分(平均)	2.3	5.6	6.3	6.15	6.05
頂部張裂觀察	無張裂、有皺摺、深黑	劇烈張裂、表面黑	劇烈張裂	劇烈張裂	有破口但為完全張裂
剖面觀察	黑、扎實	些許孔洞	有孔洞、綿密	有孔洞、綿密	有孔洞、綿密
口感及味道	麵粉味重、口感像糕	口感Q彈	口感蓬鬆	口感蓬鬆、沒嚼勁	味道奇異、鹹鹹的

研究發現：泡打粉會影響發糕的膨發程度，若泡打粉太少，會讓糕體不均勻蓬鬆；若泡打粉太多，會讓發糕有奇怪的鹹味，且會有裂痕但不會完全張裂，所以麵粉與泡打粉的比列大約為 35:1 為最佳比例。



(二)、探討不同水合比例對發糕膨發程度是否有影響？

實驗前言：在測試實驗時，我們曾因為誤加過多黑糖水與將容器裝過滿，導致發糕在膨發的時候溢出，導致發糕沒有發起，於是我們想要調整水合比例，看看不同稠度的發糕麵糊，在爭後會有什麼樣子的不同，於是我們將水的量作為控制變因，分別在麵粉中加入 40ml、50ml、60ml、70ml、90ml 的水，以觀測水合比例最發糕彭發程度的影響。

實驗設計：

1. 將低筋麵粉過篩。
2. 將篩過的麵粉用電子秤秤重 70g 倒置容器中
3. 將 70g 的低筋麵粉加入 2.5g 的發粉均勻攪拌
4. 將調好的黑糖水（40ml、50ml、60ml、70ml、90ml 加入 40g 黑糖粉）加入低筋麵粉與發粉中。
5. 將融合的麵糊過篩入模具中。
6. 先讓電鍋煮滾，在將裝有麵糊的容器放入其中蒸 15 分。

實驗結果

成品圖		
側面圖	A 40ml 水	
	B 50ml 水	
	C 60ml 水	

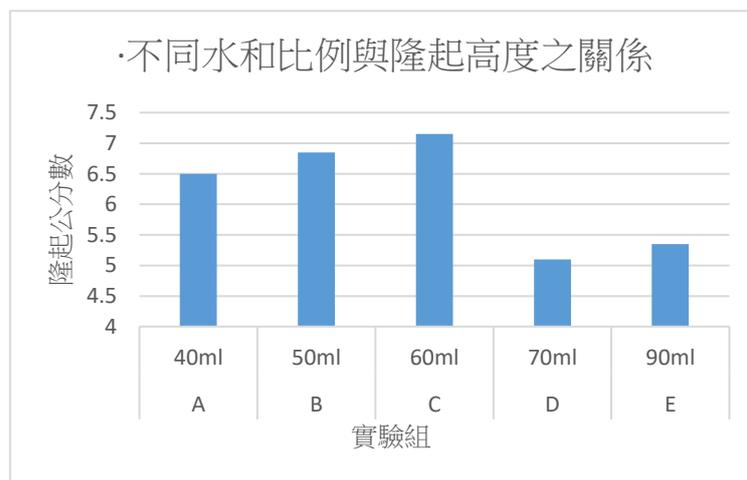
	D 70ml 水	
	E 90ml 水	
頂端圖	A 40ml 水	
	B 50ml 水	
	C 60ml 水	
	D 70ml 水	
	E 90ml 水	

剖面圖	A 40ml 水	
	B 50ml 水	
	C 60ml 水	
	D 70ml 水	
	E 90ml 水	

實驗數據分析

實驗組	A	B	C	D	E
麵粉量	70g	70g	70g	70g	70g
黑糖水量	40g 水+40g 黑糖	50g 水+40g 黑糖	60g 水+40g 黑糖	70g 水+40g 黑糖	90g 水+40g 黑糖
發粉量	2.5g	2.5g	2.5g	2.5g	2.5g
隆起高度公分數 (1, 2)	6.5	6.8	7.3	5.0	5.7
	6.5	6.9	7.0	5.2	5.0
隆起高度公分(平均)	6.5	6.85	7.15	5.1	5.35
頂部張裂觀察	不規則張裂	巨大張裂	巨大張裂	張裂	小張裂、表皮濕潤
剖面觀察	有小氣泡	有小氣泡	有小氣泡	有小氣泡	有小氣泡
口感及味道	口感硬、乾、較甜	乾	口感 Q	口感 Q	不甜、濕濕的

研究發現：依照觀測頂部張裂，張裂程度排名為 B=C>A>D>E，以及測量膨脹後的發糕高度，我們可以知道不同水合比例會影響發糕的膨脹與張裂程度，水與麵粉的比例大約於 6ml:7g，以此比例調和可以造成發糕有最大的隆起高度也張裂程度巨大，若水的比例太少，容易使麵糰過於黏稠，張裂時會不規則張裂，口感過於扎實；反之，若水合比例過高，發糕無法劇烈隆起。



柒、結論與建議

- 一、藉由文獻探討與發糕測試實驗以瞭解麵粉、泡打粉的特性對於發糕的膨發是否有影響？

藉由文獻分析，我們知道麵粉依其是一種由小麥類磨成的粉末，依據麵粉中麩質蛋白含量的比例，分為低筋麵粉、中筋麵粉、高筋麵粉。麩質蛋白質的含量就越高，澱粉也比較少，加水後的黏度也會越高、不易鬆散，反之，麵團的彈性比較低，而麵團的黏稠度會影響發糕的口感以及膨發狀況。泡打粉其中含有小蘇打粉（鹼性）、塔塔粉（酸性）、玉米粉，是中性質。乾性時，完全是惰性，加入液體後，其中的酸鹼物質（主要是小蘇打粉、塔塔粉）各自作用，產生二氧化碳氣體，是發糕膨發的主要原因。

- 二、研究問題與結果

- （一）、在製作發糕時，有哪些變因需要考慮？

依據測試實驗，我們發現在製作發糕的過程中，蒸發糕的方式、黑糖、水、容器、泡打粉的量會影響發糕的膨脹程度。使用電鍋蒸發糕時，要注意不可在電鍋中放內鍋，會降低蒸發糕時的溫度；黑糖的多寡以及加入方式會影響發糕的口味以及膨發程度，要避免黑糖水有結塊，以免造成麵糊質地不均而氣體散失；水的量會影響麵糊的黏稠度；將麵糊裝置容器的多寡會影響發糕膨發時膨脹的方向；不同的泡打粉量與水融合時及高溫時會產生不同量的二氧化碳，使發糕有不同程度的膨脹。

- （二）、藉由實驗探討泡打粉會所產生何種化學反應？

泡打粉與水接觸後會立即產生許多氣體，且經過驗證後氣體為二氧化碳，並且當泡打粉水溶液在受熱後也會再次產生氣體，但會隨著溫度上升而逐漸產生氣體。故需要將製作發糕時，加入黑糖水後，要盡快進行均勻攪拌，並把電鍋預熱，讓化學反應可以快速進行，以免氣體散失。

- （三）、探討不同泡打粉的量對發糕膨發程度是否有影響？

泡打粉會影響發糕的膨發程度，若泡打粉太少，會讓糕體不均勻蓬鬆；若泡打粉太多，會讓發糕有奇怪的鹹味，且會有裂痕但不會完全張裂，所以麵粉與泡打粉的比列大約為 35:1 為最佳比例。

- （四）、探討不同水合比例對發糕膨發程度是否有影響？

依照實驗結果，不同水合比例會影響發糕的膨脹與張裂程度，水與麵粉的比例大約於 6ml：7g，以此比例調和可以造成發糕有最大的隆起高度也張裂程度巨大，若水的比例太少，容易使麵糰過於黏稠，張裂時會不規則張裂，口感過於扎實；反之，若水合比例過高，發糕無法劇烈隆起。

三、 研究心得與建議：

(一) 學生心得

這次我們的科展主題是研究發糕，發糕是我過年時必備的糕點，我們要來研究為什麼發糕會裂開，第一步就是學習如何製作發糕，但是過程非常的困難，因為我們隨然照個食譜做，還是不斷的失敗，但是我們和老師不斷地討論原因，經歷一次又一次的測試，我們在第五次試做的時候才發現影響發糕製作最大的問題是出在蒸發糕的方式，也就成功了，真的很開心，而且在後續正式實驗中，我們分工製作不同泡打粉比例以及水的比例，每次的成果出爐，都很感慨那一點點的粉與水竟然會讓發糕有這麼不一樣的成果，我也知道製作糕點中原來有這麼多的技巧和知識。

(二) 研究建議

本次研究受限於時間限制，在測試實驗時花了許多的時間，沒有對模具的大小、糖與麵粉的種類做更多的探討與研究，今後的實驗建議可以往不同的模具、口味製作不同於傳統的發糕，讓發糕有新的面貌，繼續為大家的新年祈福。

捌、 參考文獻資料

- 一、 小高姐的 Magic Ingredients (2018 年 12 月 12 日)。小苏打和泡打粉的区别 Baking Soda vs Baking Powder。Youtube。取自：
<https://www.youtube.com/watch?v=amdln95X4hs>
- 二、 王和 (2020 年 6 月 20 日)。原來高筋麵粉、中筋麵粉和低筋麵粉的差別這麼大 別再買錯了。阿波羅新聞網。取自：<https://tw.aboluowang.com/2020/0620/1467137.html>
- 三、 巧兒灶咖 (2019 年 5 月 9 日)。解密膨發劑：小蘇打粉、泡打粉。取自：
<https://ciao.kitchen/bakingsoda-vs-baking-powder/>
- 四、 周老師的美食教室 (2008 年 1 月 6 日)。105. 發糕大發財。痞客邦。取自：
<https://homeeconomics.pixnet.net/blog/post/66280559>
- 五、 高雄市左營區舊城國小 (2019)。從“食”招來～二氧化碳的擇“粉”條件。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 六、 楊桂瓊 (2020)。廚房玩科學甜點製作學探究與運算思維。屏東市：國立屏東大學。
- 七、 愛夏の手作人妻食堂。黑糖發糕 (無日期)。愛料理。取自：
<https://icook.tw/recipes/141611>
- 八、 維基百科 (2020 年 5 月 6 日)。發糕。取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/發糕>
- 九、 維基百科 (2021 年 1 月 8 日)。麵粉。取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BA%B5%E7%B2%89%E6%88%90%E4%BB%BD>
- 十、 Sophia (2020 年 12 月 4 日)。總是搞不清楚？中筋、高筋、低筋麵粉怎麼運用？差別在哪裡？。品好乳酪。取自：https://www.pincheesecake.com/blogs/pin_blog/58896