

## 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：「豆」陣來呷棉花糖—探討豆腐取代蛋白製作棉花糖的可行性

#### 一、摘要：

我們在本實驗中，先比較了市售一般棉花糖、手工一般棉花糖、手工蛋奶素棉花糖、手工全素棉花糖與手工蛋過敏棉花糖的外觀。並利用延展性、壓力回彈及溶解度等因素探討了市售一般棉花糖、手工一般棉花糖與手工蛋過敏棉花糖對於以上不同因素上的差異(因為另外四種棉花糖製作不成功無法進行實驗)。也比較了這三種棉花糖烘烤後的大小變化。

#### 二、探究題目與動機

許多業者在製作過程中為了讓棉花糖的口感更有彈性，因此會在棉花糖裡添加明膠或吉利丁等能使蛋白霜凝固的成分，但它們是從動物中萃取出來的成分，導致素食者不能食用，於是市面上就有了素食棉花糖。

雖然市面上有了素食棉花糖可以給素食者食用，但價格都比一般的棉花糖貴，也比一般棉花糖還要難購買到，所以我們想要透過取代一般棉花糖中素食者不可食用的成分，自己手工製作素食棉花糖，並做不同的實驗測試來比較。

我們也製作了針對蛋奶素過敏者的棉花糖，因為一般的棉花糖的成分中也添加了蛋奶素過敏者無法食用的食材，所以我們試著用板豆腐取代蛋奶素成分來製作出蛋奶素過敏者也可以食用的棉花糖，也同樣做了不同的實驗測試來比較。

#### 三、探究目的與假設

我們假設以板豆腐取代棉花糖中雞蛋蛋白的成分能夠維持其原有的延展性與口感，因為現在也有蛋糕使用豆腐而讓它的口感蓬鬆，所以我們決定採用板豆腐來取代蛋白的成分。

我們假設成分中含有板豆腐的棉花糖在以上因素中都比較好，因為我們覺得讓板豆腐取代雞蛋的話棉花糖會比較好成型，會讓棉花糖維持原本的口感，因而導致延展性、壓力回彈等變因就會比較好。

但我們假設成分中含有洋菜粉的棉花糖在以上某些因素中也會比較差，因為製作過程中，洋菜粉會使蛋白霜稍微凝固，做出來的棉花糖延展性比較差，所以可能也會導致延展性、壓力回彈等變因比較差。然而，我們認為其溶解度可能會比較好，因為它的口感比較屬於入口即溶型。

一、比較不同棉花糖的外觀

二、比較不同棉花糖在顯微鏡下的外觀

三、比較不同棉花糖的延展性

四、比較不同棉花糖施加重量是否會恢復

五、比較不同棉花糖在熱水中的溶解度

六、比較不同棉花糖烘烤後的大小變化

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 研究一、查詢一般棉花糖製作方式

網路查詢明膠替代物、蛋白替代物及一般棉花糖製作方式及材料，並查詢製作一般棉花糖的各種食材為何，以方便刪除與取代不必要的食材。

研究結果：我們發現明膠替代物有果膠、洋菜膠、燕麥蛋白等(在本實驗中我們採用果膠及洋菜膠)，而取代蛋的食材有板豆腐、葛粉、亞麻籽粉、泡打粉等(在本實驗中我們採用板豆腐)。

一般棉花糖製作材料：蛋白 25g、細砂糖 45g、吉利丁粉 5g、玉米澱粉 600g、水 20g。

各種食材的用途	
蛋白	提升口感、味道清新可做為良好的襯底
細砂糖	提升甜味
吉利丁粉	凝固蛋白霜
玉米澱粉	降低麵粉筋度、增加鬆軟口感

棉花糖製作方式：

1. 烤箱預熱 100 度，放入玉米粉烤 10~15 分鐘，用桿麵棍壓出一條凹槽。
2. 蛋白 25 克、糖 10 克倒碗中，用電動打蛋器打至乾性發泡。
3. 糖 35 克、水 20 克倒鍋中，熬至 120 度關火。
4. 把糖漿與吉利丁粉加入蛋白霜中，打發至質地變稠、細膩有光澤。
5. 將蛋白霜倒入擠花袋中，將奶油在玉米澱粉的凹槽中擠一直線。
6. 裹上少許熟玉米粉防黏，搖勻後靜置 1 小時。
7. 凝固後抖掉多餘的玉米粉即完成。

##### 研究二、列出操縱變因、控制變因與應變變因

操縱變因：

棉花糖的種類(市售一般棉花糖、自製一般棉花糖、蛋奶素棉花糖、全素棉花糖與蛋過敏棉花糖)、要更改的成分(如：吉利丁與洋菜粉、蛋白與板豆腐)

控制變因：

棉花糖的大小、形狀、製作過程、成分比例

應變變因(要測量的性質)

1. 延展性→以手指撥動棉花糖測試是否會來回晃動，以得知是否有延展性。

2. 壓力回彈→製作壓力測試台，將 200 克砝碼置於夾鏈袋中，再將夾鏈袋中的空氣擠出、密封、打結，並放置在棉花糖頂部測量其原始的高、被擠壓後的高與拿起後的高。並記錄原始的高與拿起後的高的變化數值。
3. 溶解度→將棉花糖放入熱水中，計時並紀錄其溶解情形。
4. 烘烤後的大小變化→取剛拿出來時的棉花糖的高，並計算烘烤前與烘烤後的變化數值。

### 研究三、進行實驗並紀錄實驗結果

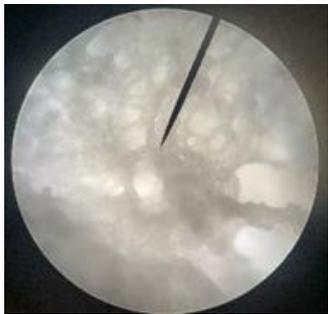
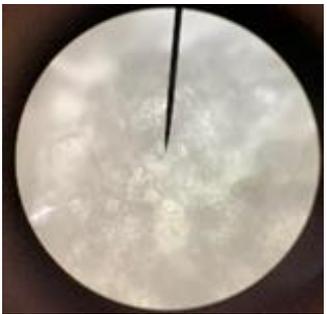
#### 一、探討七種棉花糖的外觀：

一般棉花糖		蛋奶素棉花糖		蛋過敏棉花 糖	全素棉花 糖	
市售	蛋白+吉利 丁	蛋白+洋菜 粉	蛋白+果 膠	板豆腐+吉 利丁	板豆腐+洋 菜粉	板豆腐+果 膠
						

▲表一：棉花糖的外觀

由結果(表一)顯示，以蛋白及吉利丁製作的一般棉花糖與以板豆腐及吉利丁製作的蛋過敏棉花糖可成形，而其餘的棉花糖皆無法成形，呈液態狀。

#### 二、探討三種棉花糖在顯微鏡下的外觀：

市售一般棉花 糖	自製一般棉花 糖	蛋過敏棉花 糖
		

▲表二：棉花糖在顯微鏡下的外觀

由結果(表二)顯示，市售一般棉花糖與自製一般棉花糖在顯微鏡下的外觀相似，而蛋過敏棉花糖則出現了許多孔隙。

三、比較三種棉花糖的延展性：

棉花糖種類	是否有延展性
市售一般棉花糖	沒什麼延展性
自製一般棉花糖	有延展性
蛋過敏棉花糖	有延展性

▲表三：棉花糖的延展性

四、比較三種棉花糖的壓力回彈程度：

	原始的高度	放置後的高度	拿起後的高度	變化	是否會恢復	圖片
市售一般棉花糖	1.5 cm	0.9 cm	1.5 cm	0 cm	會	
自製一般棉花糖	1.3 cm	0.8 cm	1.3 cm	0 cm	會	
蛋過敏棉花糖	1.0 cm	0.8 cm	0.9 cm	- 0.1 cm	不完全	

▲表四：棉花糖的壓力回彈程度

由結果(表四)顯示，市售一般棉花糖與自製棉花糖在經過施壓後皆可恢復至原本的高度，且高度皆與原本的相同。

五、比較三種棉花糖在熱水中的溶解度：

	市售一般棉花糖	自製一般棉花糖	蛋過敏棉花糖
溶解至最大極限的時間	到 300 秒還沒溶解完	149 秒	91 秒
圖示			

▲表五：棉花糖在熱水中的溶解度

由結果(表五)顯示，蛋過敏棉花糖與自製一般棉花糖在熱水中皆能溶解，且蛋過敏棉花糖的溶解速度較快，而市售一般棉花糖在經過了 300 秒後仍未能溶解。

六、比較三種棉花糖烘烤後的大小變化：

	烘烤前	烘烤後	變化	圖片
市售一般 棉花糖	3 cm	5 cm	+2cm	
自製一般 棉花糖	3.2 cm	4.8 cm	+1.6 cm	
蛋過敏棉 花糖	3 cm	融化成液 態		

▲表六：棉花糖烘烤後的大小變化

由結果(表六)顯示，市售一般棉花糖與自製一般棉花糖在烘烤後仍維持固態，且市售一般棉花糖的膨脹程度較自製一般棉花糖大，而蛋過敏棉花糖在經過烘烤後則融化成液態。

## 五、結論與生活應用

一般的棉花糖中含有素食者及蛋奶素過敏者無法食用的成分，因此我們網路查詢了明膠替代物、蛋白替代物及一般棉花糖的製作方式，而我們試著使用洋菜粉、果膠粉與板豆腐取代素食者及蛋奶素過敏者無法食用的成分，製作出不同的棉花糖。我們做出了六種棉花糖，並利用不同的實驗測試，例如延展性、壓力回彈、溶解度、烘烤後的大小變化等，探討與比較這些棉花糖在這些不同方面上的不同。我們得到的實驗結論如下：

1. 市售一般棉花糖及自製一般棉花糖在經過施壓後都會恢復到原先的高度，而蛋過敏棉花糖則不會完全恢復至原先的高度，可能是因為豆腐打發後的彈性較低。
2. 市售一般棉花糖加入熱水裡後非常不容易溶解在水裡，而自製一般棉花糖及蛋過敏棉花糖皆可在 150 秒內溶解完畢，且蛋過敏棉花糖的溶解速度較快。
3. 市售一般棉花糖及自製一般棉花糖在經過烘烤後都會膨脹，且市售一般棉花糖的膨脹程度較大，而蛋過敏棉花糖較不耐熱，在經過烘烤後已完全融化。
4. 我們發現蛋過敏棉花糖在經過大約一個星期後顏色呈粉紅色，但現階段我們只能推測可能是細菌的孳生所產生的結果，詳細的情況可能還要做進一步的探究。



▲圖六：變色後的蛋過敏棉花糖

經過這次的製作與實驗，我們希望以後能夠幫助素食者與蛋奶素過敏者也能吃到棉花糖，也可以自己手工製作棉花糖，一來不用花費太多錢買素食棉花糖來吃，二來也能體驗到自己手工製作棉花糖的樂趣。

## 參考資料

1. 棉花糖做法、成分：<https://reurl.cc/ZrV0Wl>
2. 燕麥蛋白：<https://reurl.cc/vevl0j>
3. 果膠：<https://reurl.cc/Gop9pG>
4. 蛋白用途：<https://reurl.cc/rQvm3x>
5. 香草粉用途：<https://reurl.cc/Mbja6p>
6. 吉利丁粉用途：<https://reurl.cc/44dALD>
7. 玉米澱粉用途：<https://reurl.cc/qOvxKN>
8. 楓糖漿用途：<https://reurl.cc/44dAb2>
9. 歷屆參考作品：<https://reurl.cc/02Kxb6>