

中華民國第 54 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

最佳團隊合作獎

080806

蛋白棉花糖～蛋白霜之研究

學校名稱：嘉義縣朴子市朴子國民小學

作者：	指導老師：
小四 梁軒綾	黃佳慧
小五 陳昱均	葉明宗
小四 彭靖琿	
小四 鄭琬蓉	
小四 吳子維	
小五 林佳穎	

關鍵詞：蛋白霜、起泡性、離水量

蛋白棉花糖~蛋白霜之研究

摘要

實驗中我們發現蛋白和空氣充分混合後，淡黃色蛋白變白、體積變大。而蛋白打發的過程可分成四個階段---起始期、濕性發泡、乾性發泡和棉花狀態。通常棉花狀態的蛋白霜算是打過頭，較無加工價值。而以往烘培業者都以經驗值判斷蛋白霜的打發階段，但我們在實驗中發現蛋白霜高度變化率若達到 3.2，則蛋白就達到乾性發泡階段。要迅速將蛋白打發的條件則須蛋白溫度為 20℃、新鮮的雞蛋蛋白、偏中性的條件；加了糖的蛋白霜持久性佳，不容易離水，製作出來的小西點外觀較美觀。

壹、研究動機

三年級上自然課時，第三單元是「廚房裡的科學」，我們發現廚房裡竟藏著這麼多有趣的科學現象。後來，圖書館新購了一套科普書籍「廚房裡的小科學家」，我們便借來看，發現第 2 冊的書中提到了蛋白霜的實驗，我們只要對蛋白持續攪拌，它便會有膨脹的效果，變成軟綿綿的棉花狀。這實在是太神奇有趣的現象，因此，我們一群好朋友就想深入研究它，因此有了以下的實驗。

貳、研究目的

- 一、觀察雞蛋的構造與特性。
- 二、瞭解日常生活中蛋白霜的應用。
- 三、探究製作蛋白霜的原理與方法。
- 四、尋找影響蛋白打發的變因。
- 五、不同狀態的打發蛋白烘培後的變化情形。

參、研究設備器材

- 一、儀器：手動打蛋器、半自動打蛋器、全自動打蛋器、打氣筒、酸鹼檢測器、烤箱
- 二、器材：調理鋼盆、60ml 玻璃漏斗、10ml 量筒、塑膠圓筒杯、80 克重物、游標尺、擠花器、塑膠瓶、塑膠盆、不鏽鋼蓋、烤盤紙。
- 三、材料：雞蛋、砂糖、糖粉、麵粉、鹽、沙拉油、水、可樂、汽水

肆、研究過程或方法

研究目的一：觀察雞蛋的構造與特性。

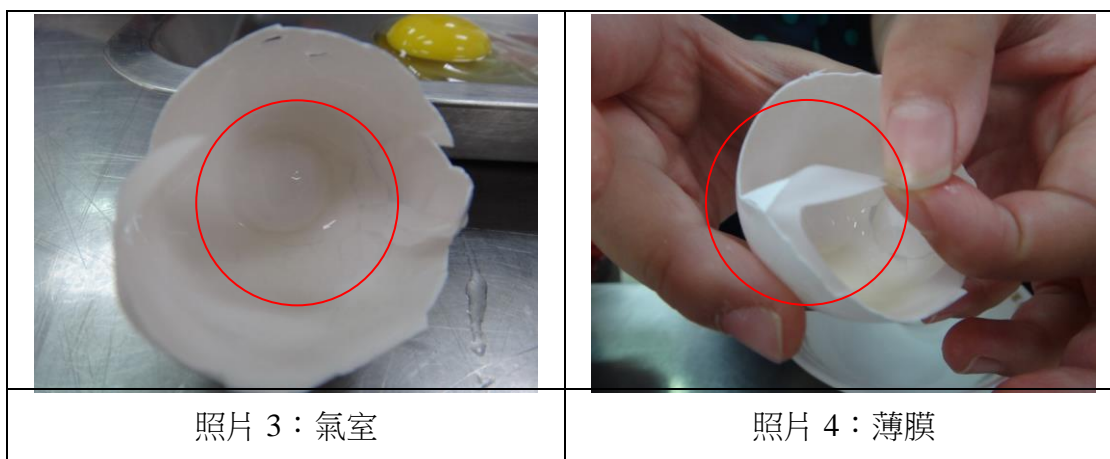
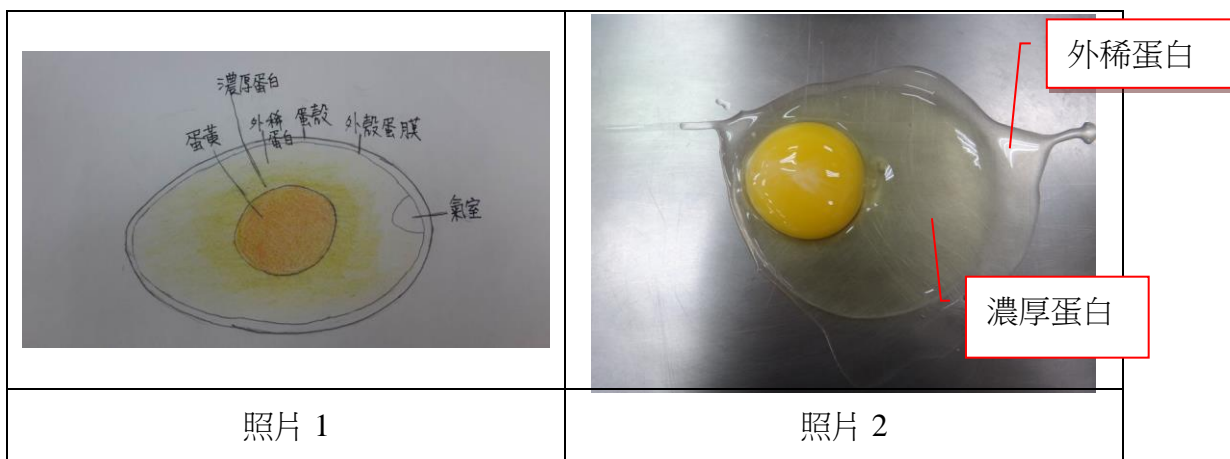
【實驗一之1】：觀察雞蛋的結構

<方法>

1. 取1顆雞蛋，觀察其外觀後，並將蛋殼打開，放置鐵盤中，觀察其內部構造。
2. 將蛋的構造圖畫出，並標記出蛋的構造名稱。

<結果>

1. 蛋白接近蛋黃的地方較濃厚，外層較稀薄。
2. 蛋黃外面有一層薄膜包覆。
3. 蛋殼內部有一層薄膜包覆。



【實驗一之2】：不同生產日期的雞蛋觀察。

<方法>

1. 準備3種不同生產日的雞蛋，觀察雞蛋的外觀並紀錄。
2. 將雞蛋放在10%的食鹽水中，觀察其浮沉結果。
3. 將不同生產日期的雞蛋打開，觀察內部構造。

<結果>

1. 當天生產的蛋外殼有顆粒，生產兩星期的蛋外殼沒顆粒。
2. 生產兩星期的蛋會浮在 10% 的食鹽水中，生產一天的蛋會沉在 10% 的食鹽水中。
3. 我們可以應用這上述兩種方法來判斷雞蛋的新鮮程度。



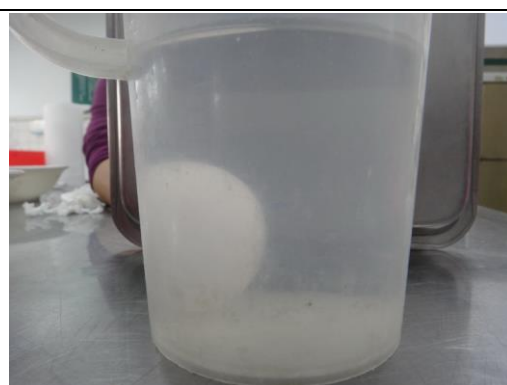
照片 5



照片 6



照片 7：放置較久的蛋



照片 8：較新鮮的蛋

研究目的二：瞭解日常生活中蛋白霜的應用。

資料蒐集並訪問當地高職食品科老師，了解打發的蛋白霜在西點中有哪些應用？

<結果>

蛋白霜種類	製作方法	蛋白霜應用
濕性發泡蛋白霜	將蛋白攪拌至表面不規則氣泡消失，變成許多均勻細小氣泡。蛋白呈潔白光澤，用手指勾起時成一軟細長鋒，留在指頭上而不下墜。	用來製作「天使蛋糕」、「起士蛋糕」
乾性發泡蛋白霜	濕性發泡蛋白繼續攪拌，直到蛋白看不出有氣泡外觀，顏色	用來製作「戚風蛋糕」

	雪白蛋無光澤。用手指勾起，成一堅硬的尖峰。	
法式蛋白霜	將蛋白打至濕性發泡，加入等重的糖粉打至 乾性發泡 。	用擠花袋擠出適量大小，放入烤箱烘烤，可做成法式小點心(馬卡龍)或派的霜飾。
瑞士蛋白霜	蛋白與糖放入盆中，至於爐火上以小火隔水加熱至 25℃，代糖完全溶解後，移置攪拌盆中打至 乾性發泡 。	可用擠花袋做造型，或拌入奶油霜做造型。
義大利蛋白霜	先將糖煮成 120℃糖膏，加入蛋白中打至 硬性發泡 。	用擠花袋擠出適量大小，放入烤箱烘烤成小點心---馬卡龍(法式馬卡龍)的前身。

(表一)：不同型態的的蛋白霜在西點上的應用



研究目的三：探究製作蛋白霜的原理與方法。

【實驗三之 1】：按照書上步驟製作，驗證蛋白是否會打發成蛋白霜。

<方法>

1. 取 1 顆蛋白及 30g 的砂糖放進調理碗裡。
2. 以打蛋器持續攪拌調理碗直到蛋白顯得綿細而溼潤，成直立尖角狀。
3. 用擠花器將打發的蛋白擠在烘焙紙上。
4. 放進烤箱以 120°C 烤約一個小時。

<結果>

1. 烤出金黃色的蛋白霜，有甜甜的、酥脆的口感（照片 1、照片 2）。
2. 蛋白霜外部平滑，內部有需多細小孔洞。



照片 13



照片 14

【實驗三之 2】：打發蛋白霜的工具研究

※是甚麼原因造成蛋白會起泡？「空氣」會是關鍵原因嗎？因此我們有了下面的實驗。

<方法>

1. 蒐集日常生活中常見打蛋工具，分別是手動打蛋器、半自動打蛋器、自動打蛋器及打氣筒打氣。
2. 各取 30g 的雞蛋蛋白用上述工具持續攪拌，觀察蛋白的變化情形。

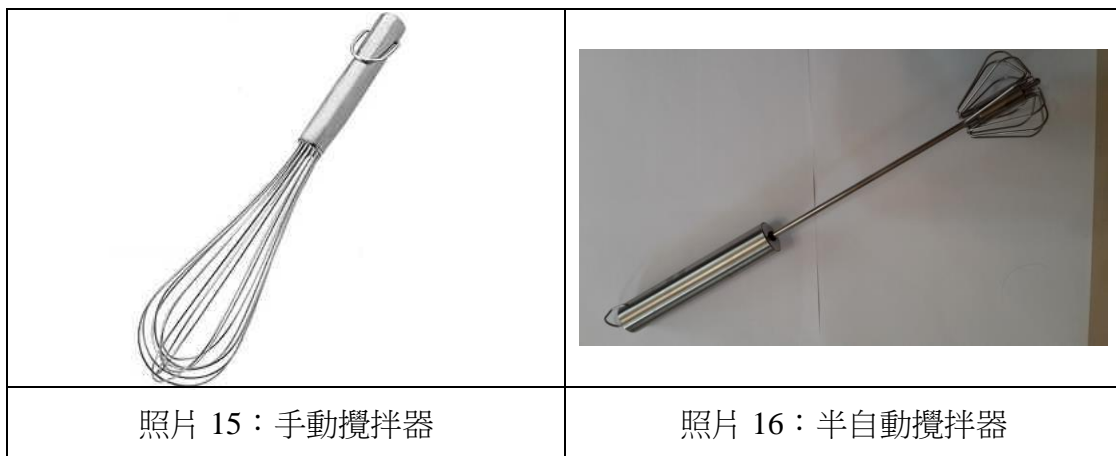
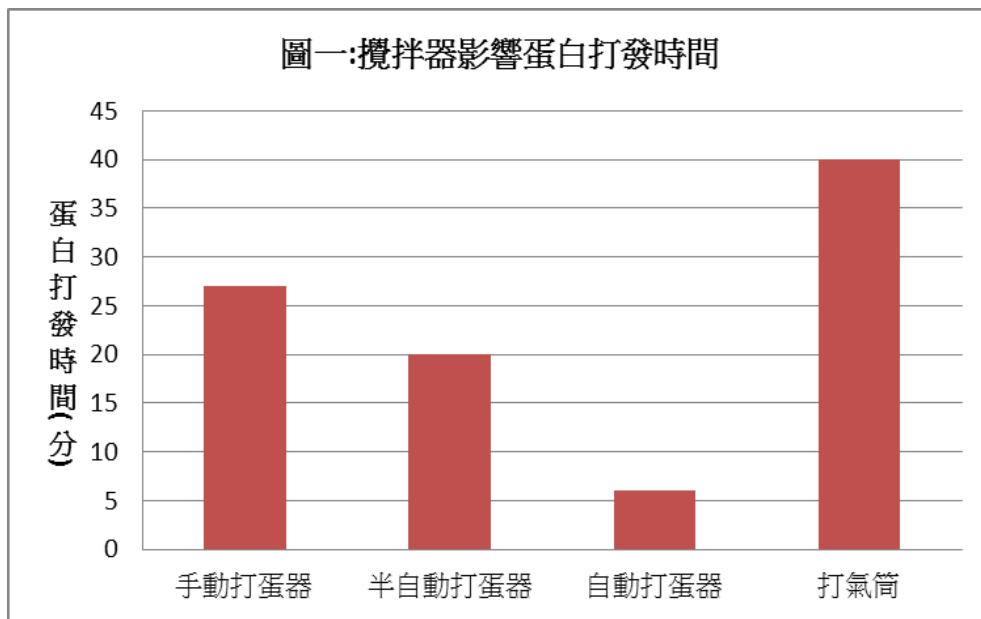
<結果>

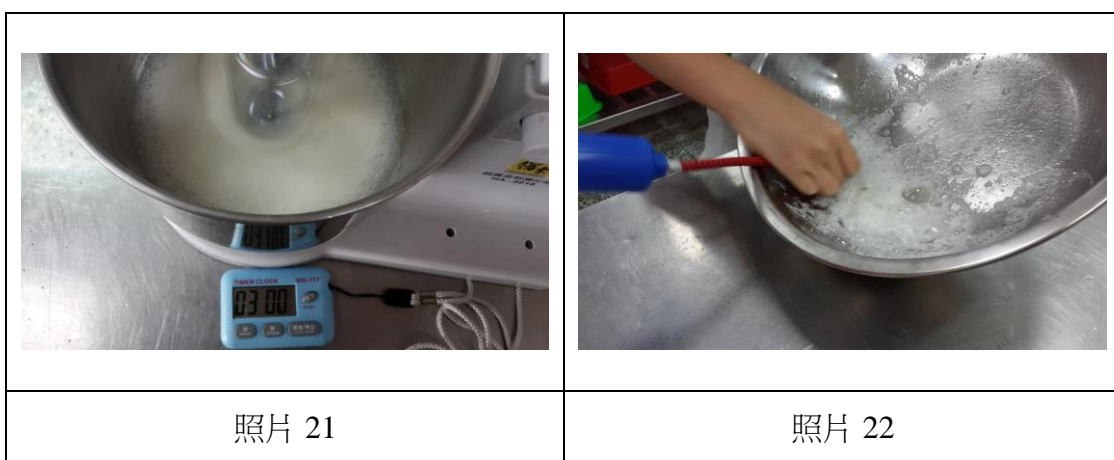
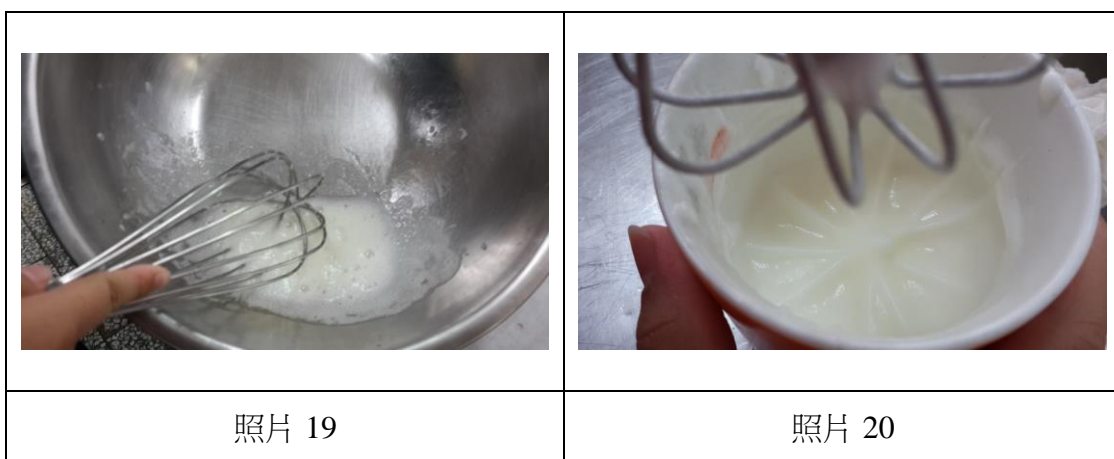
1. 手動打蛋器打發蛋白所需時間較長。
2. 打氣筒雖可以將空氣打入蛋白中，但卻無法使空氣均勻的分布在蛋白中，所以造成蛋白上半部打發，但下半部仍有未打發的蛋白。

攪拌工具	蛋白打發時間（分）	打發過程
手動打蛋器	27	5 分鐘時，蛋白充滿氣泡。 10 分鐘時，打蛋器攪拌的痕跡開始出現。 27 分鐘時，蛋白變成一坨坨像棉花糖狀。
半自動打蛋器	20	2 分鐘時，蛋白充滿氣泡。

		7 分鐘時，打蛋器攪拌的痕跡開始出現。 20 分鐘時，蛋白變成一坨坨像棉花糖狀。
自動打蛋器	6	40 秒時，蛋白充滿氣泡。 3 分鐘時，打蛋器攪拌的痕跡開始出現。 6 分鐘時，蛋白變成一坨坨像棉花糖狀。
打氣筒	40	9 分鐘時，上半部蛋白充滿不規則大小氣泡。 19 分鐘時，上半部蛋白開始出現較細小泡泡。 40 分鐘時，上半部蛋白變成不規則棉花糖狀，但下半部仍有蛋白液

(表二)：各種攪拌器打發蛋白過程





【實驗三之 3】：只有蛋白才能打出棉花狀嗎？

<方法>

1. 各取 30 公克的蛋白、蛋黃與清水，分別用自動攪拌器打 6min。
2. 觀察上述液體攪拌後變化情形。

<結果>

1. 只有蛋白順利變成白色蓬鬆棉花狀。
2. 清水攪拌時有氣泡產生，但是很快就消失不見了。
3. 蛋黃不但沒有起泡，攪拌時還四處飛散，所以攪拌後的高度還減少了。

攪拌物	原始高度 (cm)	攪拌 5min 後高度 (cm)	備註
水	0.8	0.8	
蛋白	0.6	3.5	
蛋黃	0.7	0.6	有些蛋黃在攪拌時飛濺出來

(表三)：不同物質攪拌後高度變化



照片 23



照片 24：攪拌清水 5min 後



照片 25：攪拌蛋白 5min 後



照片 26：攪拌蛋黃 5min 後

研究目的四：尋找影響蛋白打發的變因

※「蛋白打發」的定義：

從蒐集的資料顯示，清清如水的蛋白，再經過打蛋器的攪拌後，會變成白白細細的泡沫。若持續的攪拌，泡沫的體積會增加、硬度也增加，但攪拌至某一程度時，泡沫白末的彈性就會開始減少，蛋白變得較脆，烤出來的加工品—蛋糕沒有彈性，口感較韌，若持續再攪拌，蛋白就會成棉花球狀，乾燥不易與其他材料混合。

※測定方法：

在烘培業的應用中，打發蛋白霜是很重要的，但打發蛋白霜往往是製作者的經驗，無法以較科學的方式來表達，而蛋白打發時，蛋白的體積會持續增加，而打發後的蛋白靜置一段時間仍會如此蓬鬆嗎？烘焙加工時，常會再加入其他物質，但希望蛋白仍然是打發狀態，這是蛋白打發加工時隨面臨的問題，因此我們設計三種測量方法，讓蛋白打發程度能有科學數據可依循。

一、蛋白的起泡性測定：

- (一) 取 30 克的蛋白，並用「鍋寶牌自動攪拌器」中轉速，持續攪拌至實驗所需時間。
- (二) 利用游標尺垂直插入攪拌盆底部，測量攪拌前和攪拌後的蛋白高度。
- (三) 量測三次，求平均值後計算攪拌前和攪拌後高度變化率。
- (四) 高度變化率越大代表起泡性越佳。



照片 27：蛋白的起泡性測定

二、蛋白的離水性測定：

- (一) 同上步驟（一）。
- (二) 取適量打發蛋白放置 60ml 漏斗中，並將漏斗放在 10ml 量筒上，20 分鐘後觀察量筒裡的液體量。
- (三) 量筒裡的液體量即為「蛋白的離水性」。
- (四) 實驗三次求其平均值。



照片 28：蛋白的離水性測定

三、蛋白的支撐性測定：

- (一) 同上步驟（一）。
- (二) 取適量打發蛋白放入量杯中 5cm 高，在打發蛋白霜上一直徑 5cm 圓形瓶蓋，並持續放入 10 元硬幣，直到瓶蓋位置向下移動，測量瓶蓋及硬幣總重。
- (三) 瓶蓋及硬幣總重即為「蛋白的支撐性」。
- (四) 實驗三次求其平均值。



【實驗四之 1】：打發蛋白的時間，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

3. 各取 30g 的蛋白，分別用打蛋器攪拌 1min、2min、3min、4min、5min 和 6min。
4. 停機後，觀察蛋白打發的紋路。
5. 分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。
6. 利用酸鹼檢測儀，測量打發蛋白與流下的液體酸鹼值。

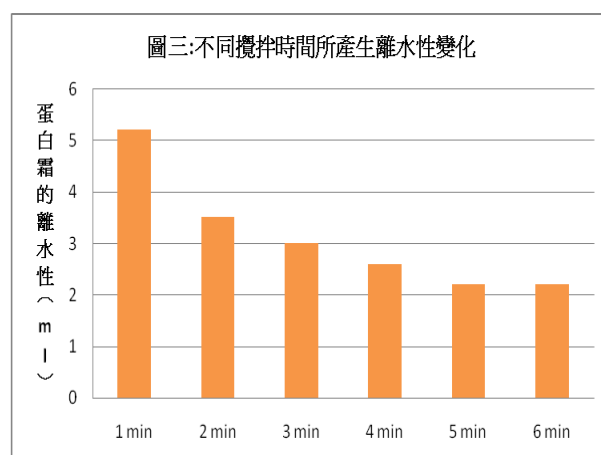
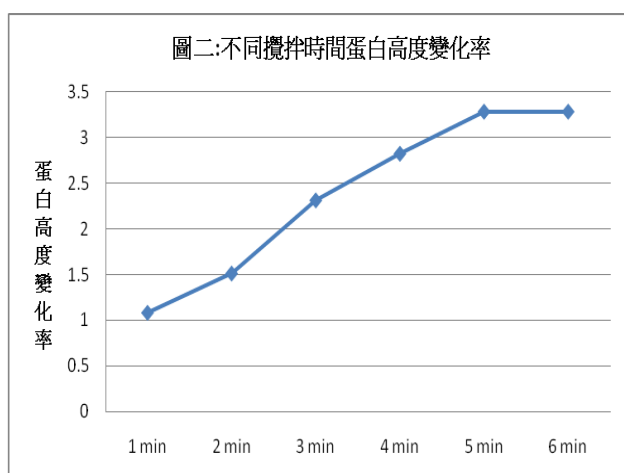
<結果>

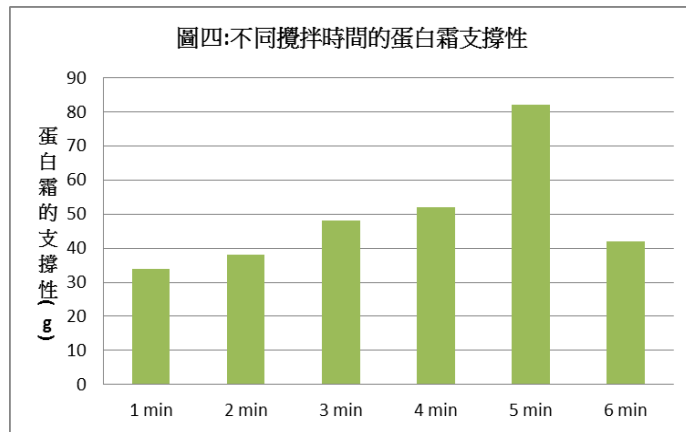
1. 從參考資料中得知，蛋白打發的過程可以分成四個階段---起始期、濕性發泡、乾性發泡與棉花狀態。
2. 攪拌蛋白時間 5min，蛋白達到乾性發泡階段，蛋白起泡性越佳，但超過 5 分鐘後，到棉花狀態蛋白起泡性不再增加。
3. 攪拌蛋白時間 5min，蛋白達到乾性發泡階段，蛋白離水性最低，但超過 5 分鐘後，到棉花狀態蛋白離水性不再變化。
4. 攪拌蛋白時間 5min，蛋白達到乾性發泡階段，蛋白能支撐的重物越最重，但到棉花狀態蛋白的支撐性就變差了。
5. 由此可知我們可以利用檢測打發蛋白的『起泡性』、『離水量』及『支撐性』的變化，判斷打發蛋白是否達到某一階段。

攪拌時間	1 min	2 min	3 min
蛋白的外觀	蛋白表面浮有不規則的大小氣泡和些許蛋液交錯	蛋白變成不規則的大小氣泡。 (起始期)	蛋白表面不規則氣泡逐漸消失，變成均勻小氣泡，蛋白成潔白光澤。 (濕性發泡前期)
蛋白高度變化率	1.08	1.51	2.31
蛋白的離水性 (ml)	5.2	3.5	3.0
蛋白的支撐性 (g)	34.0	38.0	48.0
蛋白霜的酸鹼值變化	pH8.6	pH8.6	pH8.6

攪拌時間	4 min	5 min	6 min
蛋白的外觀	泡沫較綿密，有明顯攪拌紋路。 (濕性發泡)	無法看出氣泡組織，蛋白顏色變成雪白，攪拌的痕跡殘留不易消失。 (乾性發泡)	蛋白變成一坨一坨的，彼此間無法互相混合。 (棉花狀態)
蛋白高度變化率	2.82	3.28	3.28
蛋白霜的離水性 (ml)	2.6	2.2	2.2
蛋白霜的支撐性 (g)	52.0	82.0	42.6
蛋白霜的酸鹼值變化	pH8.6	pH8.6	pH8.6

(表四)：不同時間攪拌蛋白，蛋白的變化情形





照片 30：蛋白攪拌 1 分鐘



照片 31：蛋白攪拌 2 分鐘



照片 32：蛋白攪拌 3 分鐘



照片 33：蛋白攪拌 4 分鐘



照片 34：蛋白攪拌 5 分鐘



照片 35：蛋白攪拌 6 分鐘

【實驗四之 2】：打蛋白的速度，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

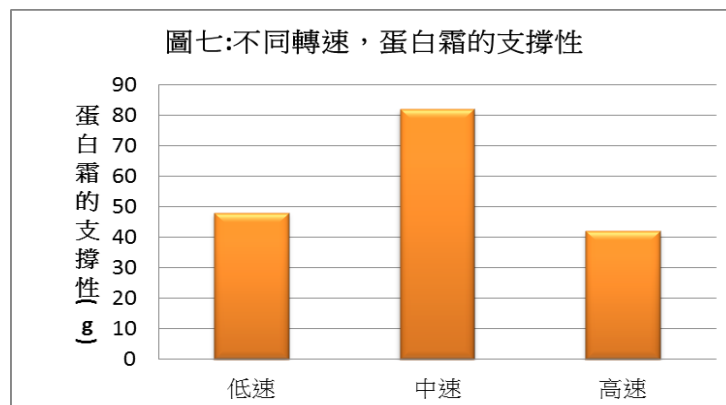
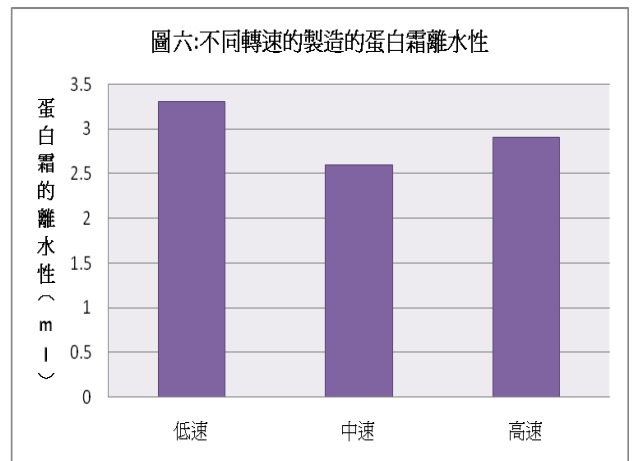
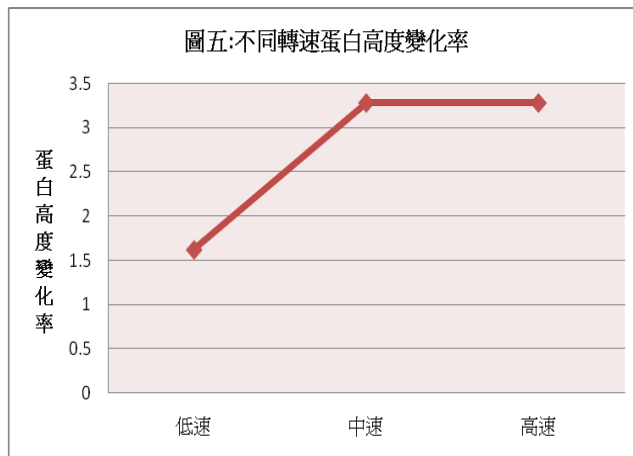
1. 各取 30g 的蛋白，分別用打蛋器的低速、中速、高速轉速，持續攪拌 6 分鐘。
2. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

<結果>

1. 攪拌轉速越快，蛋白越容易打發。
2. 高速攪拌的蛋白較容易離水，支撐性也較差。

攪拌轉速	低速	中速	高速
蛋白的外觀	蛋白變成不規則的大小氣泡。 (起始期)	泡沫較綿密，有明顯攪拌紋路。 (濕性發泡)	無法看出氣泡組織，蛋白顏色變成雪白，攪拌的痕跡殘留不易消失。 (乾性發泡)
蛋白高度變化率	1.62	3.28	3.28
蛋白霜的離水性 (ml)	3.3	2.6	2.9
蛋白霜的支撐性 (g)	48	82	42

(表五)：不同轉速攪拌蛋白，蛋白的變化情形



【實驗四之 3】：不同生產日的雞蛋，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

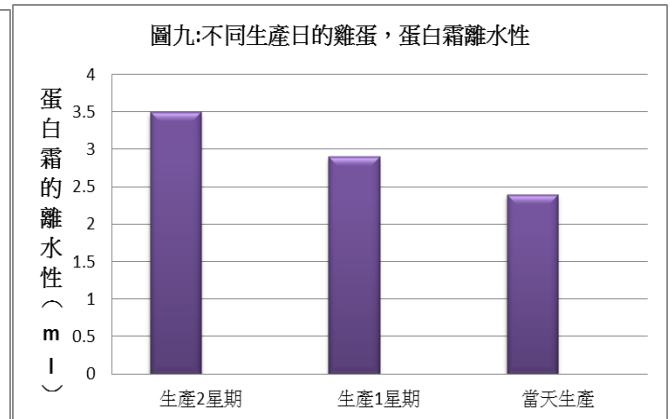
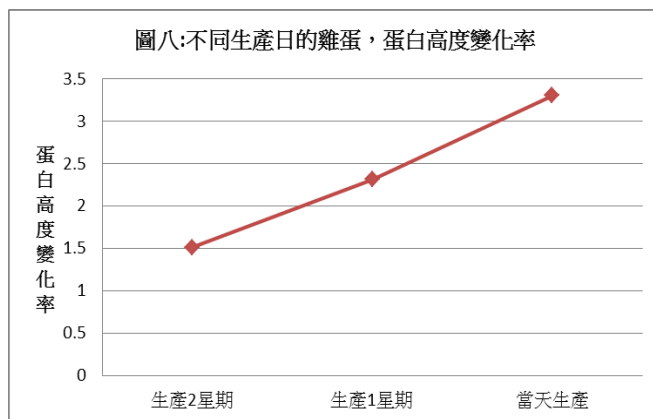
1. 各取不同生產日的雞蛋蛋白 30g，分別用打蛋器攪拌 5min。
2. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

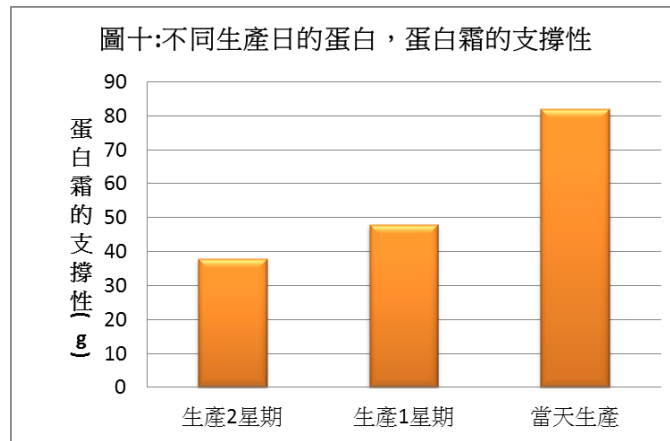
<結果>

1. 當天購買的雞蛋所製作的蛋白霜持久性較好，也較不容易離水。

生產日期	生產 2 星期	生產 1 星期	當天生產
蛋白的外觀	蛋白表面不規則氣泡逐漸消失，變成均勻小氣泡，蛋白成潔白光澤。 (濕性發泡前期)	泡沫分布在邊緣，蛋白變得較綿密，有明顯攪拌紋路。 (濕性發泡)	氣泡不明顯，蛋白顏色變成雪白，攪拌的痕跡殘留不易消失。 (乾性發泡)
蛋白高度變化率	1.51	2.31	3.30
蛋白霜的離水性 (ml)	3.5	2.9	2.4
蛋白霜的支撐性 (g)	38	48	82

(表六)：不同生產日的蛋白，蛋白的變化情形





【實驗四之 4】：粉末狀的添加物，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

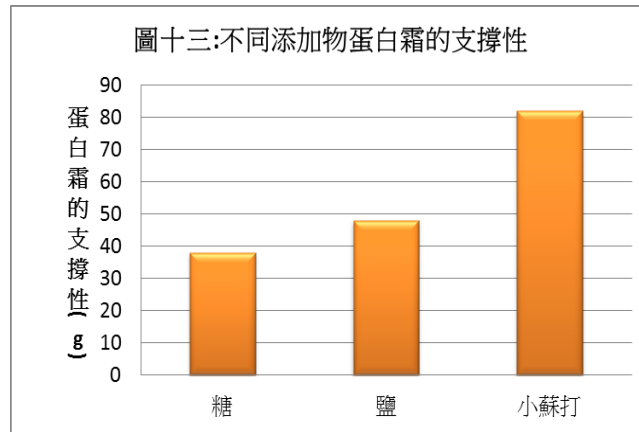
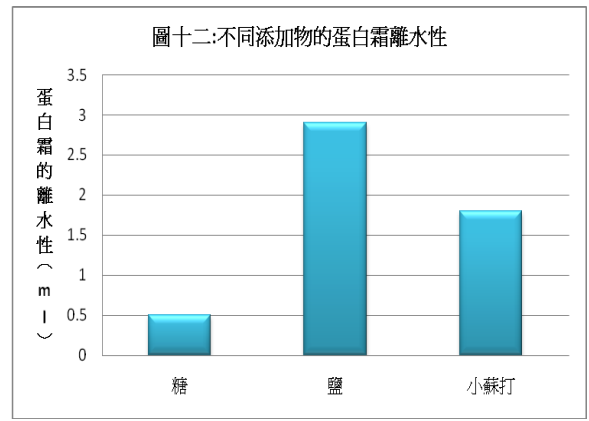
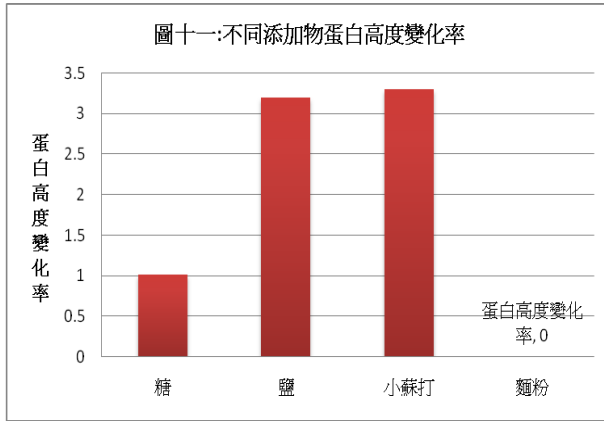
1. 測量砂糖、鹽、小蘇打、麵粉等添加物的酸鹼值。
2. 各取 20g 的添加物和 30g 蛋白混合，再用打蛋器攪拌 5min。
3. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

<結果>

1. 蛋白加入麵粉，無法被打發。
2. 加入砂糖的蛋白，較不容易打發，但打發後的蛋白較不易離水。

添加物	砂糖	鹽	小蘇打	麵粉
蛋白的外觀	像奶昔,攪拌棒拿起來會滴,是濕性發泡,蛋白沒有孔洞	濕性接近乾性,尾端微彎,泡沫綿密	紋路很明顯,硬性快進入棉花狀態	泥漿狀完全沒有氣泡很黏稠
蛋白高度變化率	1.01	3.20	3.30	0
蛋白霜的離水性(ml)	0.5	2.9	1.8	無法討論
蛋白霜的支撐性(g)	38	48	82	無法討論
酸鹼值	pH 8.4	pH 8.4	pH 8.4	pH 8.4

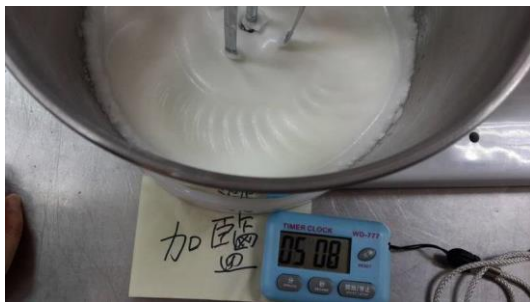
(表七)：不同添加物，蛋白的變化情形



照片 36



照片 37



照片 38



照片 39



照片 40



照片 41

【實驗四之 5】：液態添加物，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

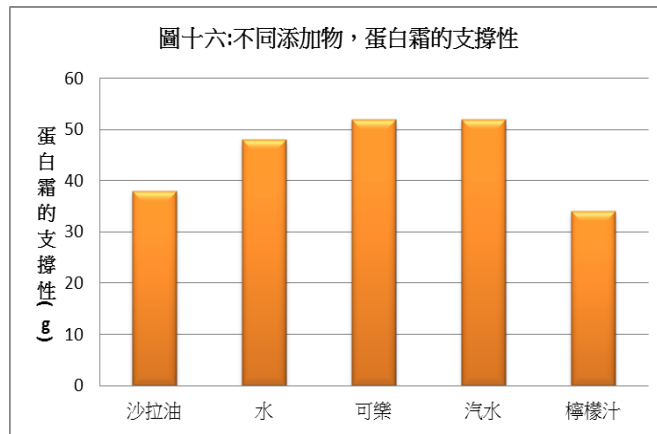
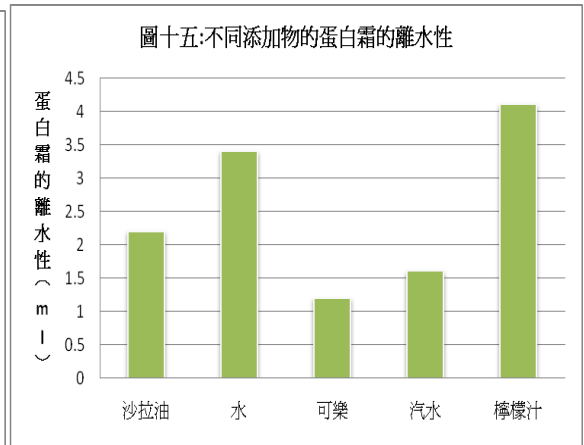
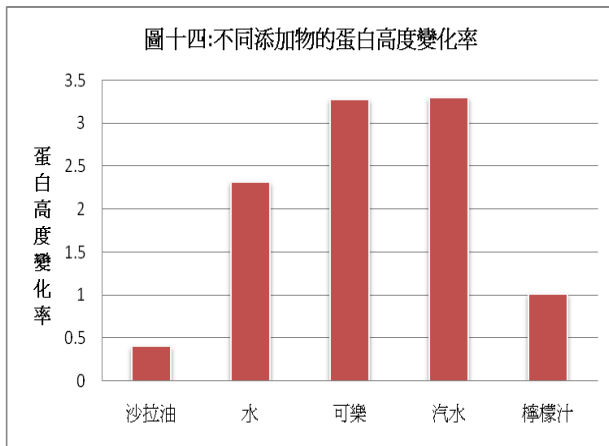
1. 各取 30g 的沙拉油、水、可樂、汽水，測其 PH 值，並分別加入 30g 蛋白混和，並用打蛋器攪拌 5min。
2. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

<結果>

1. 添加可樂、汽水時，蛋白霜的酸鹼值接近中性，呈現乾性發泡、離水性小、支撐性也較佳。
2. 添加水雖然容易呈現乾性起泡，但空氣泡很大，所以容易離水且支撐性差。
3. 添加沙拉油時，起泡性最差，體積增加量最少。
4. 添加檸檬汁時，外表看起來很綿密，但氣泡孔洞大，所以很容易離水。
5. 打發蛋白時，蛋白酸鹼值愈趨近中性，蛋白的起泡性越佳。

添加物	沙拉油	水	可樂	汽水	檸檬汁
蛋白的外觀	有起泡但體積沒有增加很多，顏色變白，有細緻泡沫。	乾性發泡階段，調理碗顛倒不會掉下來，但空氣泡很大。	32 秒就快速膨大，發泡像奶油蛋糕	17 秒時便產生均勻氣泡，5 分鐘時呈現乾性發泡，體積增加很大	濕性發泡階段，很綿密但是氣孔較大。
蛋白高度變化率	0.4	2.31	3.27	3.29	1.01
蛋白霜的離水性 (ml)	2.2	3.4	1.2	1.6	4.1
蛋白霜的支撐性 (g)	38	48	52	52	34
酸鹼值	pH 8.4	pH 8.4	pH 7.4	pH 7.2	pH 2.8

(表八)：不同添加物，蛋白的變化情形



照片 42：添加沙拉油



照片 43：濕性發泡特性



照片 44：濕性發泡特性



照片 45：添加檸檬汁



照片 46：濕性發泡特性



照片 47：孔洞很大



照片 48：添加水



照片 49：乾性發泡



照片 50：添加可樂



照片 51：乾性發泡



照片 52：添加汽水



照片 53：乾性發泡

【實驗四之 6】：不同階段添加砂糖，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

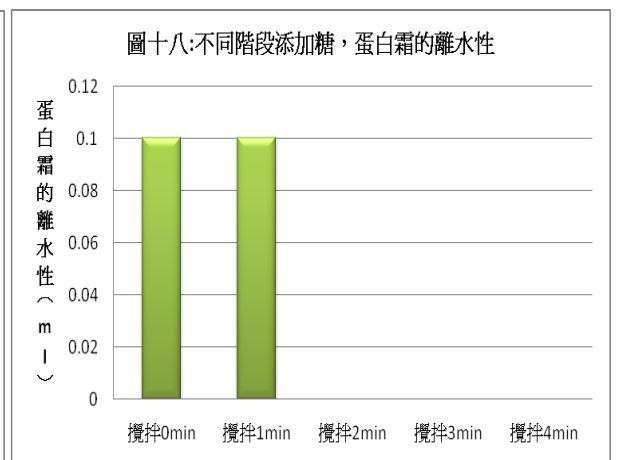
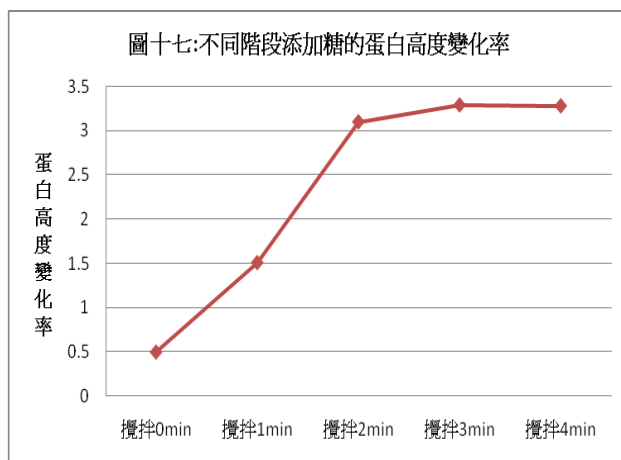
1. 各取 30g 的蛋白 5 份、 30g 的砂糖 5 份。
2. 將 5 份蛋白分別用打蛋器攪拌 0min、 1min、2min、3min、4min 後再加入 30g 的砂糖後繼續攪拌至 6min 後停止。
3. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

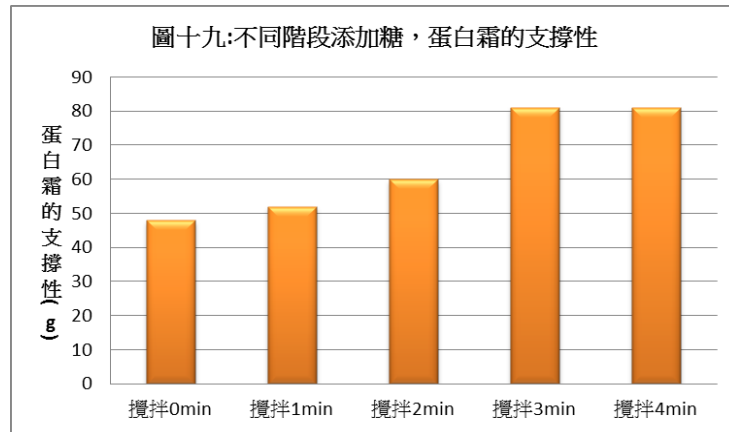
<結果>

1. 加糖時間會影響蛋白霜的起泡性，越晚加糖，蛋白霜的起泡性較佳，支撐性也較好。
2. 加了糖的蛋白霜不容易離水。

不同階段添加砂糖	攪拌 0min	攪拌 1min	攪拌 2min	攪拌 3min	攪拌 4min
蛋白的外觀	濕性發泡，向奶昔	濕性發泡，向奶昔	攪拌紋路明顯，剛進入乾性發泡	攪拌的紋路很明顯，乾性發泡	攪拌紋路明顯，乾性發泡
蛋白高度變化率	0.5	1.51	3.1	3.29	3.28
蛋白霜的離水性 (ml)	0.1	0.1	0	0	0
蛋白霜的支撐性(g)	48	52	60	81	81

(表九)：不同階段添加砂糖，蛋白的變化情形





照片 54



照片 55



照片 56



照片 57

【實驗四之 7】:不同溫度的蛋白，是否會影響蛋白的起泡性、支撐性與離水性？

<方法>

1. 取 5 份 30g 的蛋白，分別將蛋白隔水加熱或冰水浴，使蛋白溫度呈現 0℃、10℃、20℃、30℃、40℃。
2. 分別用打蛋器攪拌 5min 停止。
3. 觀察其表面紋路並分別用上述方法測量打發蛋白的起泡性、支撐性及離水性。

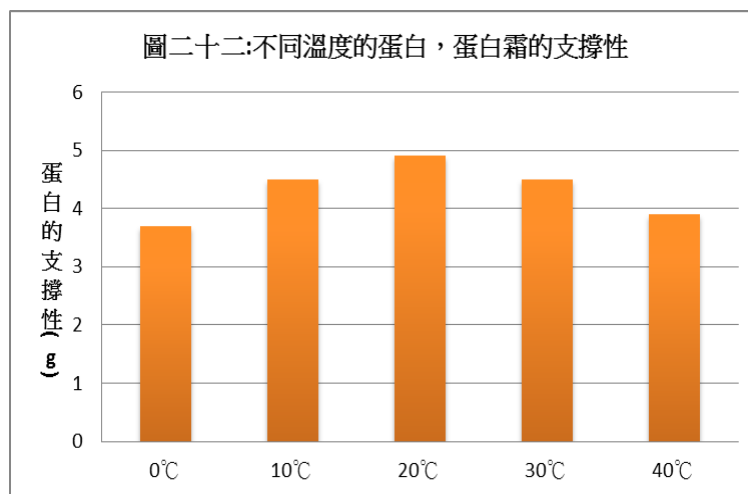
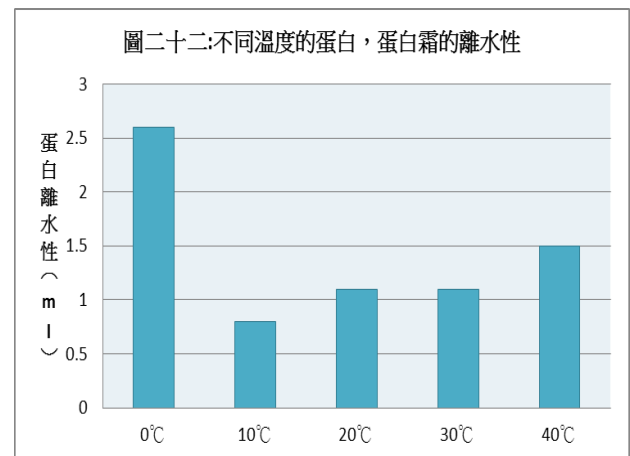
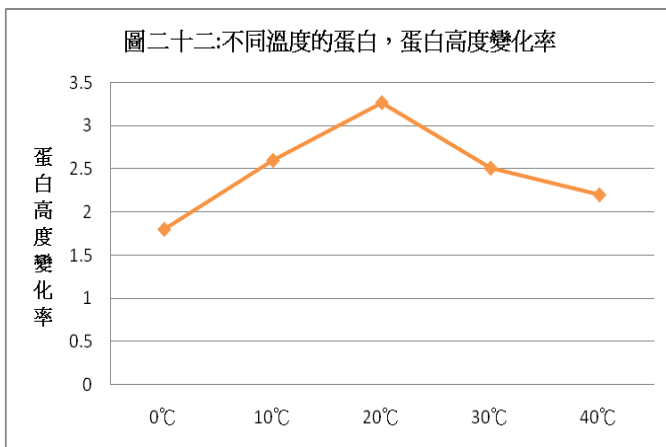
<結果>

1. 20℃的蛋白起泡性最佳，因此較不易離水。

2. 0°C的蛋白起泡性最差，最容易離水。

不同溫度的蛋白	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
蛋白的外觀	濕性發泡，向奶昔	淡淡的攪拌紋路，進入乾性發泡	攪拌紋路很明顯，乾性發泡	淡淡的攪拌紋路，進入乾性發泡	濕性發泡，攪拌紋路不明顯
蛋白高度變化率	1.8	2.60	3.27	2.51	2.20
蛋白霜的離水性 (ml)	2.6	0.8	1.1	1.1	1.5
蛋白霜的支撐性(g)	3.7	4.5	4.9	4.5	3.9

(表十)：不同溫度的蛋白，蛋白的變化情形





照片 58：冰水浴



照片 59：溫水浴



照片 60：10°C的蛋白



照片 61：30°C的蛋白

研究目的五：不同狀態的打發蛋白烘培後的變化情形。

蛋白打發程度不同，它的起泡性、離水性及支撐性也不同，但這些因素會影響烘培後的蛋白霜成品嗎？因此，我們有了以下的測定方法。

一、如何定量擠出等量的打發蛋白，我們有了以下的設計。

<方法一>：用冰淇淋勺定量挖取一勺打發蛋白在烤盤紙上。

結果：用冰淇淋勺定量挖取，但無法順利將打發蛋白放在烤盤紙上。



照片 62



照片 63：打發蛋白無法離開冰淇淋勺

<方法二>：**定量器製作**：我們用塑膠瓶、塑膠盒、不鏽鋼蓋子及桿麵棍，自製一個可以等量擠壓打發蛋白的裝置，如（照片 65）。

結果：很輕鬆的擠出等量打發蛋白在烤盤紙上。



照片 64：定量器組裝材料與工具



照片 65：組裝中



照片 65:定量器



照片 66：等量擠壓裝置擠出的打發蛋白

二、蛋白霜高度測定：

- (一) 改良「游標卡尺」的底端，如（照片 62）。
- (二) 將卡尺尾端推出，待金黃色鐵絲和打發蛋白高度一致時，游標卡尺上的數字即是打發蛋白高度。
- (三) 量測三次，分別測量打發蛋白烤前和烤後的高度平均值後計算其高度變化率。



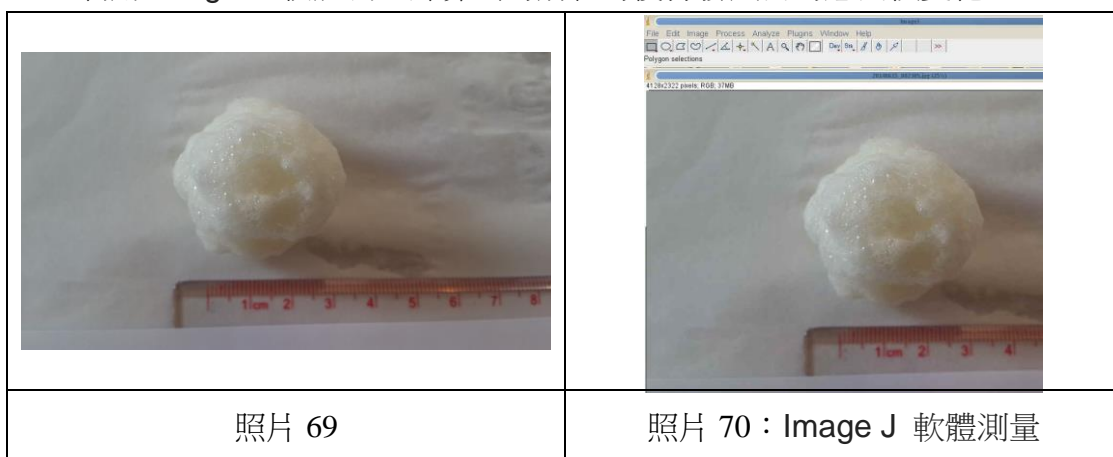
照片 67



照片 68

三、蛋白霜底面積測定：

利用 Image J 軟體測量計算出烤前和烤後打發蛋白的底面積變化。



四、感官感覺判定：

請 25 位校內 4 年級同學及 25 位老師評比烤好的蛋白霜，依個人觀感，分別針對蛋白霜的外觀及品嘗的口感給予評分，評分表如下。

評分項目		1 分（不好）	3 分（普通）	5 分（很好）
外觀	A 蛋白霜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B 蛋白霜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
口感	A 蛋白霜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B 蛋白霜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

蛋白霜外觀及口感評分表 評分者:我是 老師、學生

（表十一）：感官感覺問卷

【實驗五之 1】：打發蛋白的起泡性、離水量及支撐性，是否會影響蛋白霜的烘烤情形？

※由上述「實驗目的四」中，我們發現起泡性差的打發蛋白，相對離水量較大及支撐性較差，因此我們模仿【實驗四之 6】，分別將 150g 蛋白攪拌 1min 後加入 150g 的砂糖繼續攪拌至 6min（A 蛋白霜）、攪拌 3min 加入 150g 的砂糖繼續攪拌至 6min（B 蛋白霜）。

<方法>

1. 利用定量器分別將 A、B 蛋白霜擠出 50 個等量的蛋白霜。
2. 利用上述方法量測烘烤前、後蛋白霜高度變化及底面積變化。
3. 烤箱溫度預熱溫度 120°C，烘烤 1 小時。
4. 將烘烤完成的 A、B 蛋白霜成品分給受試的老師學生進行評分。

<結果>

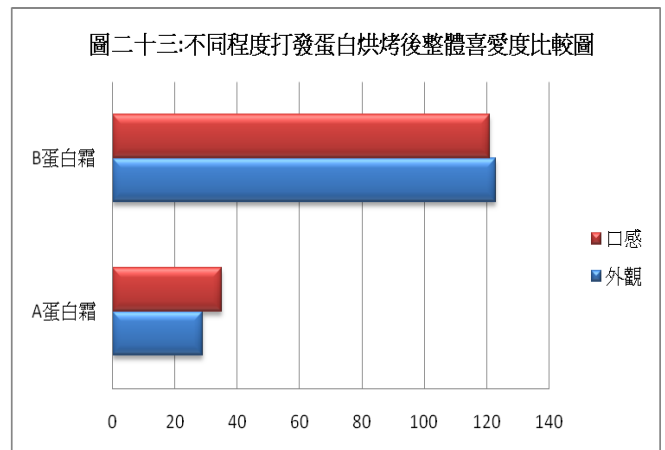
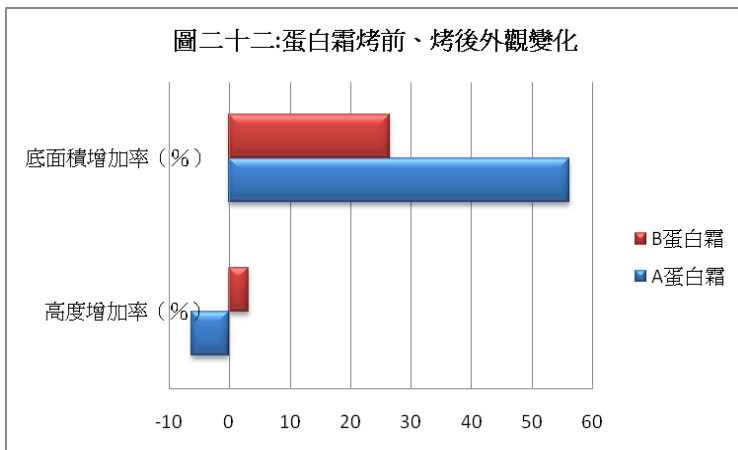
1. B 蛋白霜未烘烤前的高度較 A 蛋白霜高，底面積較小。
2. A 蛋白霜烘烤後的高度較 B 蛋白霜低，底面積也變大，外型塌陷，底部有烤乾的汁液，這表示 A 蛋白霜在烘烤中較容易變形。
3. B 蛋白霜烘烤後的外觀及口感都較 A 蛋白霜好。

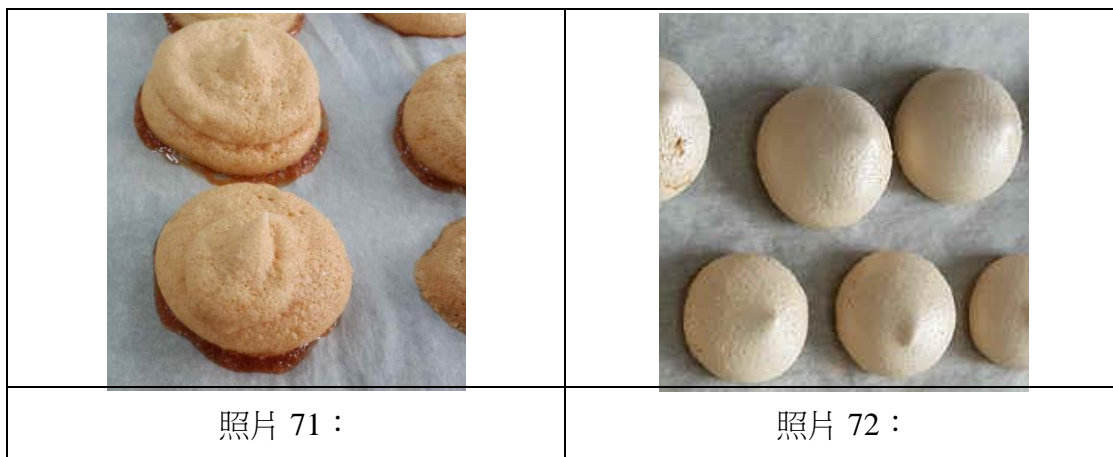
編號	高度增加率 (%)	底面積增加率 (%)
A 蛋白霜	-6.25	56.25
B 蛋白霜	3.12	26.56

(表十二) 蛋白霜烤前、烤後外觀變化

編號	烤過外觀	口感
A 蛋白霜	外表粗糙，形狀扁塌，容易變形，底部有烤乾的汁液。	乾硬，口感不佳
B 蛋白霜	外表有孔洞，形狀飽滿，不易變形，但底部也有烤乾的汁液	酥酥的，入口即化

(表十三)：蛋白霜烤前、烤後口感觀察





【實驗五之 2】：蛋白打發過程加糖與不加糖，是否會影響蛋白霜的烘烤情形？

<方法>

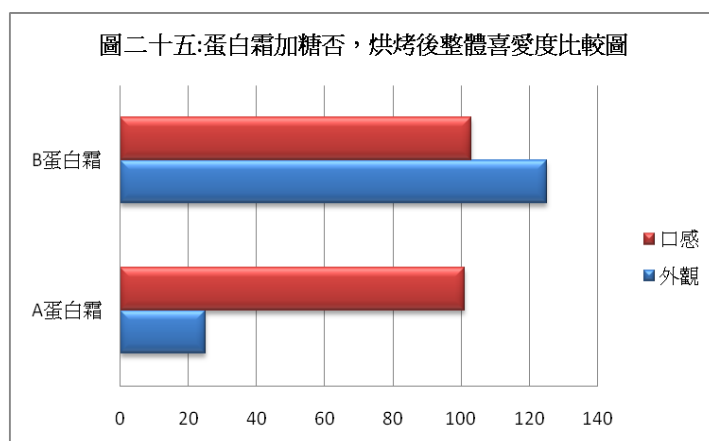
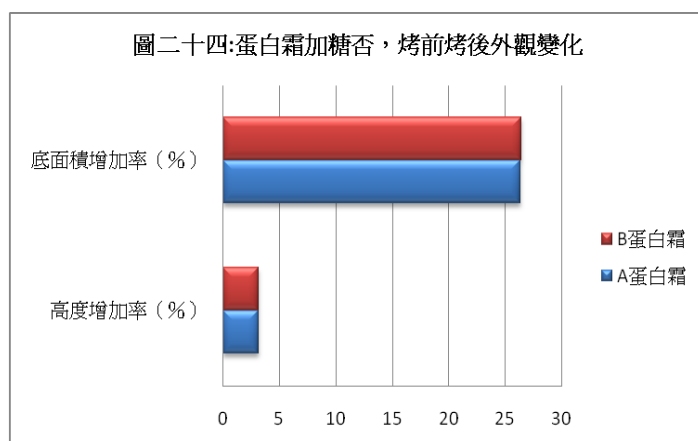
1. 取兩份 150g 的蛋白攪拌 6 分鐘，但 A 蛋白全程不加糖，B 蛋白則在攪拌 3min 時加入 150g 砂糖。
2. 利用定量器分別將 A、B 蛋白霜擠出 50 個等量的蛋白霜。
3. 利用上述方法量測烘烤前、後蛋白霜高度變化及底面積變化。
4. 烤箱溫度預熱溫度 140°C，烘烤 1 小時。
5. 將烘烤完成的 A、B 蛋白霜成品分給受試的老師學生進行評分。



<結果>

1. A、B 蛋白霜烘烤前的高度及底面積大致相同；但 B 蛋白霜的表面較有光澤。
2. 烘烤後，A、B 蛋白霜烘烤前的高度及底面積大致相同，但 A 蛋白霜表面孔洞較大。
3. 口感與外觀的比較，B 蛋白霜的外觀較佳且咬下去蛋白霜孔洞較細，入口即化，但有的人覺得太甜，所以口感比較不相上下。

編號	高度增加率 (%)	底面積增加率 (%)
A 蛋白霜	3.11	26.34
B 蛋白霜	3.13	26.46

(表十四) 蛋白霜烤前、烤後外觀變化



	
<p>照片 73：A 蛋白霜</p>	<p>照片 7：B 蛋白霜</p>

伍、討論

- 一、一般人判斷打發蛋白的 4 個階段通常都用目測或觀測手指頭沾附蛋白形狀而定；此次實驗我們利用測量蛋白的起泡性、離水量及支撐性變化來判斷蛋白打發的情形，讓蛋白打發 4 個階段更具體化。
- 二、蛋白霜具有離水性，靜置一段時間會有液體流出，我們將此液體加熱，發現此液體會像蛋白受熱凝固成白色，我們猜想此液體應是蛋白。
- 三、蛋白加糖打出來的蛋白霜較持久，不容易離水，烘烤後也不容易變形，因此造成我們一般常見的西式西點嘗起來都比較甜。

陸、結論

- 一、蛋白會膨脹變成蛋白霜的成因是因為空氣被攪入蛋白中而增加表面張力，同時蛋白液又將空氣包覆住，因此原本淡黃色的蛋白液才會變成膨大且潔白的蛋白霜；所以只要能將空氣打入蛋白裡面的工具，都能打發蛋白霜，只是時間長短的問題。
- 二、蛋白打成蛋白霜可分成 4 個階段 --- 起始期、濕性發泡、乾性發泡和棉花狀態。實驗發現，蛋白打到乾性發泡時，蛋白的高度變化率約為 3.2；因此我們可以利用蛋白打發的高度變化率來判斷蛋白打發程度是否至乾性發泡。
- 三、由【實驗四之 1】，我們知道，當打發蛋白達到乾性發泡時，他的起泡性最佳，離水量最少，支撐性最高，因此在烘配業加工，最喜歡用乾性發泡的蛋白加工製成產品。
- 三、蛋白容易打發的條件是蛋白溫度為 20°C、新鮮的雞蛋蛋白、偏中性的條件下，蛋白較容易打發。

- 四、蛋白的酸鹼值是偏鹼性(pH8.4)，若在打蛋白的時候添加一些酸性物質中和，使蛋白偏中性，則蛋白會更容易打發成蛋白霜。
- 五、**蛋白加糖**打出的蛋白霜持久性佳，不容易離水，外觀較有光澤，製作出來的小西點較美觀。
- 六、當蛋白打至乾性發泡後，它的起泡性、持久性最佳，且不容易離水，因此烘烤出來的蛋白霜外觀及口感較佳。

柒、參考資料及其他

- 一、學研(2010)。廚房裡的小科學家—第二冊。台北市：三采文化。
- 二、尾山好美(2009)。廚房裡有趣的科學食驗。台北市：世茂。
- 三、法國藍帶廚藝學院 /編(2001)。法國糕點基礎篇Ⅱ。台北市：大境。
- 四、蘇平齡、謝文斌(2012)。食品加工含實習總複習 下。台北市：復文圖書有限公司。
- 五、艾維.提斯(2010)。鍋裡的秘密。台北市：積木文化。
- 六、謝寰宇等 6 人。神奇初奇蛋變棉花了!。取自：第 40 屆 中小學科展 應用科學 初小組。

【評語】 080806

本實驗研究旨在探討蛋白打發形成蛋白霜之研究，學生由自然課的課堂學習，活潑的轉化並融入日常生活實際體驗。對於小學生對於自然科學的實驗研究精神與研究過程中的辛勞值得嘉許與鼓勵。