

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

第三名

080215

揭開薑汁撞奶的神秘面紗

學校名稱：高雄市三民區東光國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳卉穎	楊宜倫
小六 黃聖祐	吳逢碩
小六 曾宇寬	
小六 顏羽鈺	
小五 陳盈泰	
小六 李姿霖	

關鍵詞：薑汁撞奶、薑汁蛋白酶、蛋白質

摘要

薑汁撞奶會產生凝固是牛奶中的酪蛋白與薑汁蛋白酶發生反應，酪蛋白濃度需要達到10%以上才會形成完整的塊狀凝固。乳清蛋白具有較高的熱敏感性，牛乳加熱產生的奶皮，推測可能是乳清蛋白。奶精蛋白質含量很少，離心後在溶液上方有類似脂肪的物質，易造成身體的負擔。脂肪含量會影響薑汁撞奶，少了脂肪便少了疏水性，不容易形成凝固。不是每一種薑都能與酪蛋白產生凝固反應，薑汁蛋白酶含量才是關鍵。薑汁蛋白酶活性會受到高溫破壞，耐熱溫度約60℃以內；種植年份越久的薑，薑汁蛋白酶含量越多，產生凝固反應時耐熱溫度越高。發芽的薑仍具有薑汁蛋白酶，新芽如同嫩薑，幾乎沒有薑汁蛋白酶。將製作順序顛倒，把薑汁倒入牛奶中不會有明顯的凝固情形。

壹、研究動機

薑汁撞奶是香港有名的點心，學姊們去年花很多時間去探索薑汁撞奶成功凝固的條件與方法，這次我們想進一步知道究竟是甚麼原因形成薑汁撞奶？是牛奶中的哪一種成分與薑汁反應所造成？奶精會使薑汁撞奶成功凝固嗎？脂肪是否會影響薑汁撞奶？所有的薑汁都能使牛奶成功凝固嗎？薑汁加熱後是否會影響薑汁撞奶的凝固呢？我們心裡有好多的問題，想藉由更科學化的探索，解開這些疑問。

貳、研究目的

- 一、究竟是牛奶中的哪一種蛋白質與薑汁作用而凝固？
- 二、探討奶粉和奶精的差別，使用奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？
- 三、探討蛋白質的濃度是否會影響薑汁撞奶的形成？
- 四、探討脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？
- 五、探討薑汁如何影響薑汁撞奶的凝固作用？
- 六、製作順序改變，是否影響薑汁撞奶的凝固作用？

參、研究材料與設備

- 研究材料：
- 脫脂奶粉、低脂奶粉、全脂奶粉、老薑、酪蛋白粉、乳清蛋白粉、蛋白質染劑、退染劑、鮮奶、奶精、奶油球、豆漿、煉乳、手套、碎冰、透光紙、糖果、糖、鹽。
- 研究器材與設備：

顯微鏡、震盪器、瓦斯爐、微量吸取器、分光光度計、恆溫水槽、高速離心機、離心管、電子天平、比色管、離心管、純水、蛋白質標準品、電泳膠片、蛋白質膠體電泳系統、湯匙、電子天平、大小量筒、磨汁機、燒杯、篩網、溫度計、小茶杯、鍋子、試管架。



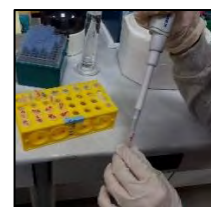
乳清蛋白 酪蛋白



全脂奶粉 低脂奶粉 脫脂奶粉



磨汁機



微量吸取器



電子天平



燒杯、量筒



震盪器



顯微鏡



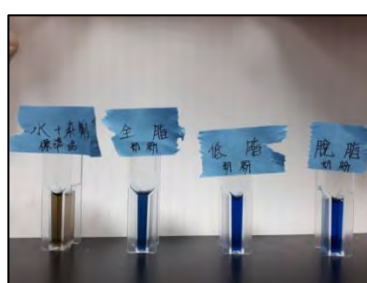
載玻片、蓋玻片



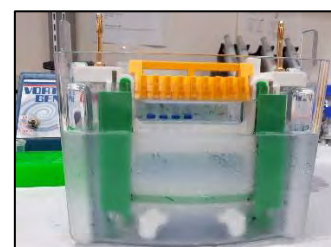
小茶杯、湯匙



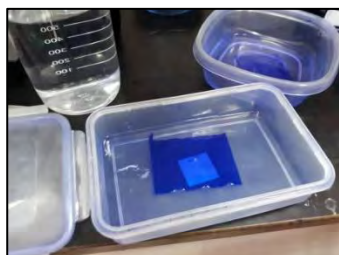
分光光度計



比色管



蛋白質膠體電泳



蛋白質染劑



高速離心機



離心管、離心管架



恆溫水槽



溫度計



洗滌瓶



去離子水



瓦斯爐、鍋子



冰塊

肆、研究過程與結果

一、文獻探討

(一)蛋白質是什麼？

蛋白質是大型生物分子，是由一個或多個胺基酸組成。相鄰胺基酸殘基的羧基和氨基通過肽鍵連接在一起，經過適當的折疊後形成特定的天然結構。蛋白質是地球上生物體中的必要組成成分，參與了細胞生命活動的每一個進程。具有催化化學反應之生物活性的蛋白質稱為：酶，對於生物體的代謝作用非常重要。除了酶之外，還有許多參與形成細胞內支撐網絡或機械性能的蛋白質，如肌肉中的肌動蛋白和肌球蛋白，以及細胞骨架中的微管蛋白，以維持細胞外形結構。另外，蛋白質也是動物飲食中必需的營養物質，這是因為動物自身無法合成所有胺基酸，動物需要和必須從食物中獲取必需胺基酸。通過消化過程將蛋白質降解為自由胺基酸，動物就可以將它們用於自身的代謝。

(二)牛乳中的蛋白質

文獻中報導每 100 毫升的鮮牛奶大約含有約 3.1 公克的蛋白質。牛奶中的蛋白質中 20% 是乳清蛋白，另外 80% 是酪蛋白；人乳中的蛋白質中 60% 是乳清蛋白，40% 是酪蛋白。

酪蛋白被稱為緩慢吸收型蛋白質，乳清蛋白則稱為快速吸收的蛋白質。由於組成特性不同，酪蛋白進入強酸的胃中會成為固體，在接下來的數個小時內供身體吸收。而乳清蛋白被譽為健身大師，它能夠非常快速的消化，並且直接替肌肉提供非常好的蛋白質養分。

(三)相關作品研究內容分析：

關於薑汁撞奶的研究，我們翻閱相關資料，發現能找的文獻並不多，主要有下列幾篇，為了避免重複研究別人做過的內容，我們先進行下列的比較與分析：

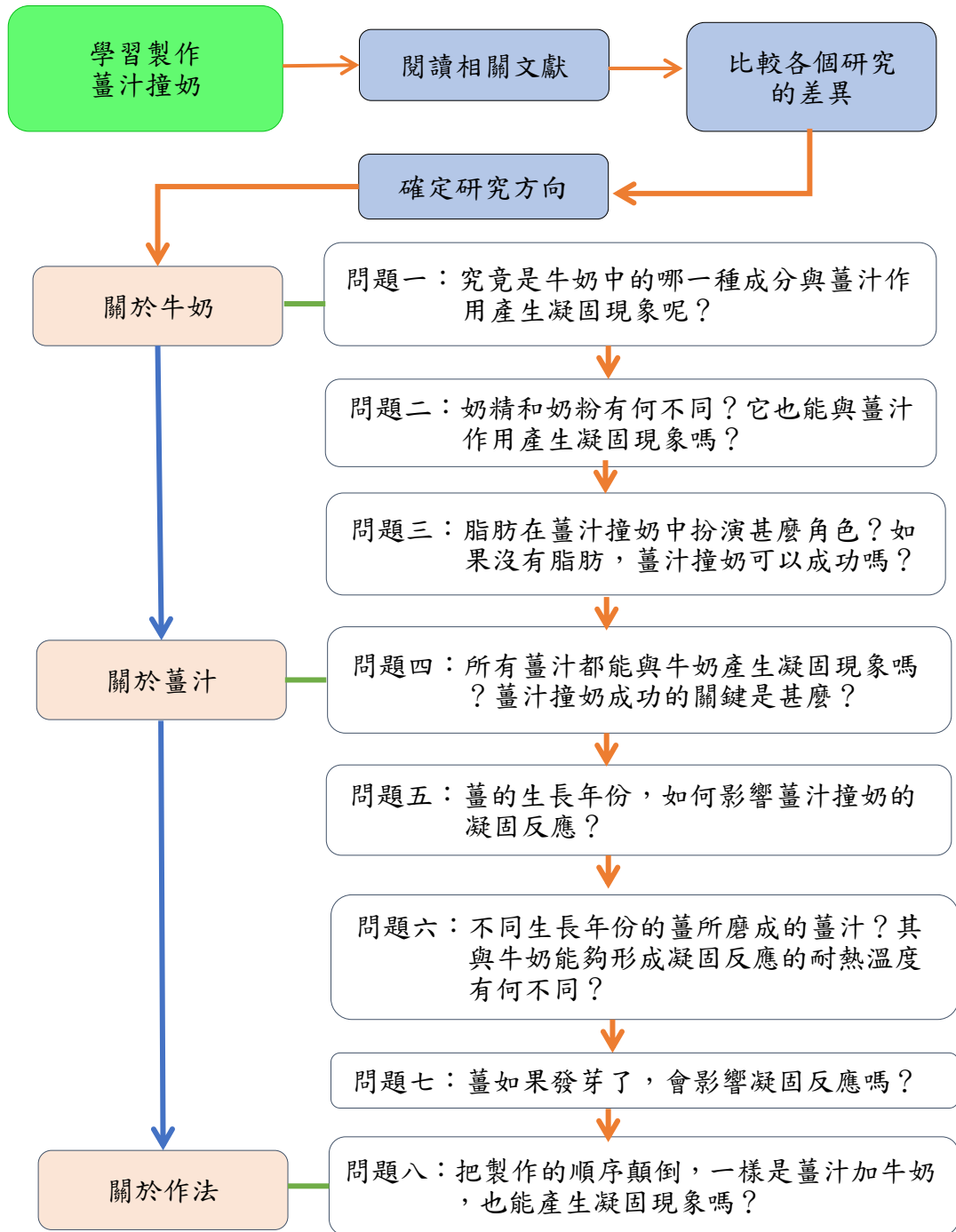
作品名稱	研究重點	研究結果
薑先生與奶小姐的相遇~薑汁撞奶凝固的研究 (42 屆台北市科展)	1. 薑汁的取用部分(上層、沉澱部分、混合液)是否影響凝固情形？ 2. 改變薑汁與牛奶的比例。 3. 使用嫩薑和老薑。 4. 改變薑汁溫度對凝固情形的影響。 5. 改變牛奶溫度對凝固情形的影響。 6. 不同脂質牛奶對凝固情形的影響。 7. 倒入手法對凝固情形的影響。 8. 改變不同蛋白質飲品。 9. 把薑汁換成蒜頭汁，韭菜汁，辣椒汁，檸檬，果醋酸是否會對凝固產生影響。	1. 上層凝固效果最好，混合液其次，沉澱物不能凝固。 2. 1：12.5 效果最好。 3. 嫩薑提高為 1：12.5 可以成功。 4. 超過 60 度無法成功。 5. 70~90 度凝固效果最佳。 6. 脫脂、低脂、全脂牛奶皆能成功。(脂質含量不影響凝固情形。) 7. 牛奶拉高倒入效果最好。 8. 植物性蛋白質無法凝固。凝固情形與蛋白質、脂質、碳水化合物無關連。 9. 酸性溶液濃度過高，就能產生凝固現象，但非凍狀。
一個科學探究的專題研習：薑汁撞奶 (香港中文大學學報，2014)	1. 改變薑汁與牛奶的比例。 2. 改變牛奶的水分含量。 3. 以木瓜汁取代薑汁。	1. 薑汁：牛奶為 1：10 效果最好，薑汁越多，凝固效果越差。 2. 牛奶經過濃縮加熱，水份變少時凝固效果越好。 3. 木瓜汁和牛奶比例為 3：10 時可以成功凝固。
生薑蛋白酶之製備與生化特性之探討 (台灣大學碩士論文)	1. 探討溫度對於薑汁蛋白酶作用效果的影響。 2. 採用純化後薑汁蛋白酶、木瓜酵素等數種不同的酵素與乳品或豆類製品進行實驗。 3. 使用電泳法進行蛋白質定性及偵測蛋白質分子量。	1. 無添加 L-抗壞血酸之新鮮薑汁，凝乳活性與蛋白質分解活性於 4℃ 下只能維持 24 小時。添加之後可貯存 6 天。 2. 於-80℃ 貯存，新鮮薑汁與丙酮沉澱脂蛋白酶溶液，仍維持凝乳活性與蛋白質分解活性約兩個月。 3. 生薑蛋白酶、木瓜蛋白酶、無花果蛋白酶及鳳梨蛋白酶同屬於半胱氨酸蛋白酶，皆可使乳製品產生凝固現象，但生薑蛋白酶可降低苦味的產生。 4. 丙酮沉澱的生薑蛋白酶經純化蛋白酶分割 P1、P2，P1 在分子量為 82kDa、P2 在分子量為 62 與 82 kDa 具有蛋白質分解活性。
當薑汁遇上牛奶 (57 屆全國科展)	1. 探討薑汁與牛奶的比例。 2. 探討牛奶與薑汁產生凝固反應的最佳溫度。 3. 探討脂質對薑汁撞奶凝固情形的影響。	1. 薑汁與鮮奶比例 1：6 至 1：60 均可凝固，比例 1：15 凝固情形和口感都有不錯的呈現。 2. 鮮奶的最佳溫度為 50℃~80℃。 3. 全脂或低脂鮮乳倒入薑汁中都會凝固。

	4. 探討不同蛋白質對凝固情形的影響。 5. 探討濃度對凝固情形的影響。 6. 探討薑汁與薑塊貯存溫度對凝固情形的影響。 7. 探討薑汁撞奶的高度對凝固情形的影響。 8. 探討間隔時間對凝固情形的影響。 9. 探討使薑汁撞奶成功反應所需的時間。	4.多種蛋白質飲品能與薑的蛋白酶起化學反應而凝固。 5.沖泡奶粉須 13%以上才能凝固。 6.薑汁在低溫下能維持蛋白酶活性，中寮薑 4℃可維持 27 天，其餘薑種 4℃冷藏後 7 天的薑汁便失去活性，-18℃冷凍儲存的薑汁則可維持 74 天。薑塊於冷藏室可維持活性 5 天；於冷凍庫可維持活性 15 天。 7.製作撞奶時，撞擊高度不影響結果。 8.分次撞擊間隔時間須少於 3 分鐘，間隔 30 秒的輕微晃動仍可凝固。 9.薑汁撞奶凝固最成功的反應時間須 8 分鐘以上。
--	---	---

※ 詳細比較四份報告的研究內容後，我們對於薑汁撞奶產生凝固現象這個有趣的化學反應仍有下列的疑問，於是列表如下：

問 題	想 法
1.究竟是牛奶中的哪一種蛋白質與薑汁作用而凝固？	牛奶成分主要是酪蛋白與乳清蛋白，兩者在薑汁撞奶中究竟扮演甚麼樣的角色呢？
2.奶精和奶粉有何不同？也可以使薑汁撞奶成功凝固嗎？	大家泡咖啡常用的奶精，蛋白質種類與濃度與奶粉有何不同？是不是也能使薑汁撞奶成功反應呢？
3.脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？	網路上都說製作薑汁撞奶都需要使用全脂牛奶，但前面的研究又證明脫脂牛奶也能成功，究竟原因為何？脂肪在薑汁撞奶中扮演的角色真的可有可無嗎？
4.任何一種薑，都能使薑汁撞奶成功反應嗎？	網路上說製作薑汁撞奶需要使用老薑，但前面的研究說嫩薑只要加量，也能成功反應。真的是如此嗎？如果需要用老薑，每一種老薑都能使薑汁撞奶成功反應嗎？到底使薑汁撞奶成功凝固的關鍵究竟為何？
5.薑的生長年份如何影響薑汁撞奶的情形呢？	嫩薑與老薑的差別是在生長年份的不同，那麼究竟生長年份不同影響的是甚麼呢？
6.不同年份的薑，其薑汁加熱後能夠成功反應的耐熱溫度會相同嗎？	前面的研究都說，薑汁加熱到 60 度左右薑汁蛋白酶會失去效用無法凝固，不同生長年份的薑汁也是如此嗎？
7.薑塊如果發芽，會影響凝固的反應嗎？	薑塊放久了會發芽，長出新芽的薑塊會影響與蛋白質反應的效果嗎？長出來的新芽也能成功反應嗎？
8.製作順序改變，是否影響薑汁撞奶的凝固作用？	大家製作薑汁撞奶的方法都是將加熱的牛奶倒入薑汁中，那如果相反的是把薑汁倒入加熱的牛奶中，也能成功凝固嗎？

二、研究流程：



三、研究過程與實驗方法

問題一：探討牛奶中的蛋白質成分與種類：奶粉也可以像鮮奶一樣成功製作薑汁撞奶嗎？
究竟是牛奶中的哪種成分與薑汁形成凝固反應？

實驗(一)：奶粉濃度對於薑汁撞奶的影響。

※實驗說明：

(一)傳統的薑汁撞奶使用的是鮮奶，但鮮奶所含的水份我們無法得知，為了讓研究更有準確性，我們採取粉末狀的奶粉，調成相同比例來進行實驗分析。但究竟要調成多少濃度的奶水，

薑汁撞奶才會成功呢？我們首先進行濃度的實驗。依據去年學姐的實驗結果顯示，**薑汁與牛奶比例為 1：6~1：60 都可以使薑汁撞奶成功，1：15 則兼具大眾化口味與成功性，因此本研究的薑汁撞奶皆以 1：15 來進行。**

(二) **對於反應結果表面上看來不成功，呈現液狀的，我們認為可能有些凝固是存在液體當中，因此也加以離心測量凝固物的重量做比較。**

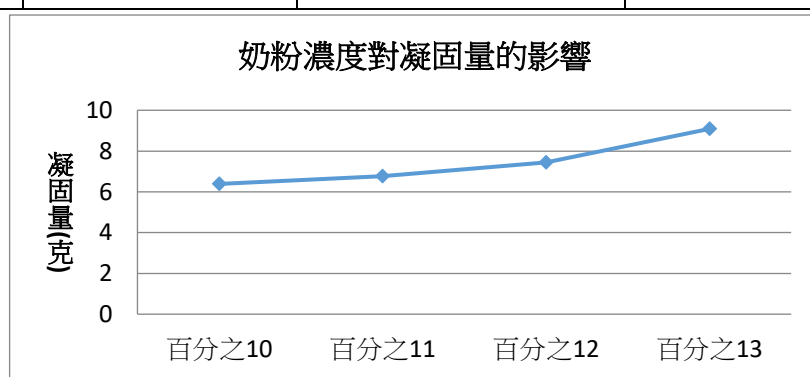
※實驗步驟：

1. 沖泡 10%、11%、12%、13%全脂奶粉水溶液各一杯(100c.c)。
2. 以微量滴管吸取 10%、11%、12%、13%的全脂奶粉溶液 32.81c.c 各三管放入離心管中。
3. 將放有牛奶的離心管放入水浴槽中，使其成為 80℃。
4. 量取 2.19c.c 的薑汁各 12 管。
5. 將加熱的牛奶放入薑汁中，靜置 8 分鐘觀察其結果，並用離心機以 8000 轉轉 20 分鐘。
6. 去除上層液，測量總重量減去空瓶重，就是凝固物的重量。



※實驗結果：

牛奶濃度	10%	11%	12%	13%
結塊與否	×	×	○	○
1	6.47	6.73	7.33	8.67
2	6.22	6.85	7.15	9.58
3	6.47	6.70	7.84	9.01
平均	6.387	6.760	7.440	9.087
描述	非常稀，不成功。	非常稀，不成功。	有結塊的現象，但仍有水分。	結塊較明顯



單位：g

發現：(一)以全脂奶粉沖泡的牛奶，要 **12~13%濃度**才能有明顯的凝固現象。濃度越高，凝固物的重量越多。

(二)雖然 **10%、11%**看起來不太有結塊的情形，但離心起來仍有些微的沉澱。

推論：牛奶的濃度要足夠，否則無法與薑汁發生反應而凝固。

實驗(二)：究竟是牛奶中的哪一種蛋白質與薑汁作用而凝固呢？

※實驗說明：

- (一)根據資料蒐集，我們了解牛乳中的蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白，其中，酪蛋白約佔了牛奶蛋白 80%，乳清蛋白則占了約 20%。我們想知道究竟薑汁中的蛋白酶，是與牛乳中的乳清蛋白或是酪蛋白起反應，產生薑汁撞奶的凝固現象？於是買了市面上可以購得的乳清蛋白和酪蛋白，進行下面的實驗。



- (二)之前的實驗說明沖泡奶粉在 13%的濃度時才能與薑汁發生凝固反應，而乳清蛋白與酪蛋白也是如此嗎？為了找出二者可以與薑汁發生凝固反應的溫度，我們改變了不同濃度進行實驗。
- (三)因為牛奶中的酪蛋白約佔 80%，剩下的約為乳清蛋白與微量的其他物質，於是酪蛋白+乳清蛋白混合的溶液，我們也比照牛奶中蛋白質的成份（80%酪蛋白，20%乳清蛋白）調配。

※實驗步驟：

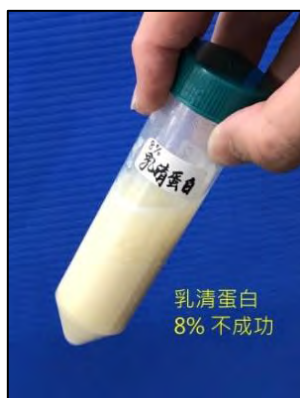
- (一)計算不同濃度的酪蛋白與乳清蛋白所需的溶質與溶劑量

	酪蛋白	乳清蛋白	80%酪蛋白+20%乳清蛋白
8%	12g 酪蛋白+138ml 水	12g 乳清蛋白+138ml 水	9.6g 酪蛋白+2.4g 乳清蛋白+138ml 水
10%	15g 酪蛋白+135ml 水	15g 乳清蛋白+135ml 水	12g 酪蛋白+3g 乳清蛋白+135ml 水
12%	18g 酪蛋白+132ml 水	18g 乳清蛋白+132ml 水	14.4g 酪蛋白+3.6g 乳清蛋白+132ml 水
13%	19.5g 酪蛋白+130.5ml 水	19.5g 乳清蛋白+130.5ml 水	15.6g 酪蛋白+3.9g 乳清蛋白+130.5ml 水
14%	42g 酪蛋白+258ml 水	42g 乳清蛋白+258ml 水	33.6g 酪蛋白+8.4g 乳清蛋白+258ml 水

- (二)取出 2.19c.c.的薑汁放入離心管中。
- (三)將泡好的溶液取 100c.c 放入鍋內加熱至 95℃，再量取 32.81c.c(2.19c.c：32.81c.c=1：15)待降至 80℃時倒入裝有薑汁的離心管內。
- (四)等待 8 分鐘後，放入糖果觀察表面凝固的情形。

※實驗結果：(○：糖果浮在反應物上面，×：糖果沈入反應物中)

	酪蛋白	乳清蛋白	80%酪蛋白+20%乳清蛋白
8%	×	×	×
10%	○	×	×
12%	○	×	×
13%	○	×	○
14%	○	×	○



透過微量滴管，我們精準地吸取薑汁。



量取定量的乳清蛋白與酪蛋白，加水調配並加熱。



酪蛋白	乳清蛋白	80%酪蛋白+20%乳清蛋白
8%	12g+138ml水	12g酪蛋白+36g乳清+132ml水
10%	15g+135ml水	15g酪蛋白+36g乳清+132ml水
12%	18g+132ml水	18g酪蛋白+36g乳清+132ml水
14%	21g+129ml水	21g酪蛋白+36g乳清+132ml水

約20g酪蛋白+36g乳清+132ml水

發現：

- (一)酪蛋白的濃度 10%以上時，加熱後與薑汁混合，可以產生凝固現象。
- (二)乳清蛋白加熱後經過過濾放入薑汁中，即使到 14%與薑汁混合也不能成功。
- (三)乳清蛋白+酪蛋白要 13%以上才能成功。
- (四)乳清蛋白在約 70℃時開始有結塊的狀況，90℃更多。

討論：我們發現當酪蛋白與乳清蛋白混合液達 13%時，可以與薑汁撞奶發生凝固反應(與前面使用全脂奶粉結果相同)，而此時酪蛋白的量，是接近純酪蛋白 10%明顯凝固時的量。

推論：

- (一)與薑汁蛋白酶發生作用而產生凝固反應的應該是牛奶中的酪蛋白。
- (二)酪蛋白必須到達 10%的濃度，才能與薑汁中的蛋白酶發生凝固反應。

實驗三：以離心法精確量測凝固物的重量

※實驗說明：

從前面的實驗得知，酪蛋白在 10%左右與薑汁反應能夠產生凝固的現象。我們想清楚知道其產生的凝固物的重量究竟有多少？與加熱的鮮奶產生的凝固物的重量有何不同？於是又接著進行下面的研究。

※實驗方法：

- (一)調配 10%的酪蛋白與乳清蛋白水溶液與各 32.81c.c 各三瓶。
- (二)取 32.81c.c 鮮奶共三瓶。
- (三)取 2.19c.c 的薑汁 9 份分別置於離心管中。
- (四)鮮奶、酪蛋白、乳清蛋白溶液各三瓶共九瓶，放入水槽內加熱至 75℃分別倒入薑汁中。
- (五)靜置 8 分鐘後觀察其變化，並放入離心機中以 8000 轉轉 20



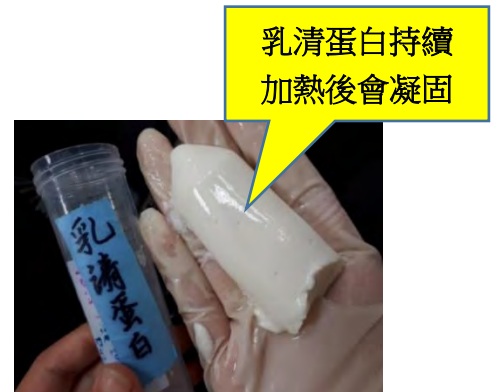
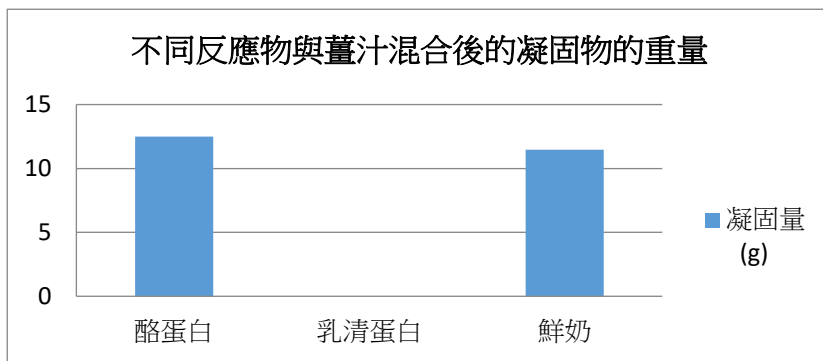
分鐘，去除上層液，測量總重量減去空瓶重，就是凝固物的重量。

※實驗結果：

	酪蛋白	乳清蛋白	鮮奶
1	12.5	X	11.4
2	12.9	X	11.5
3	12.1	X	11.5
平均凝固物的重量	12.50	X	11.47

單位：g

註：乳清蛋白未加入薑汁前就已經凝固，因此無法進行反應。



發現：

- (一) 酪蛋白和鮮奶加熱到 80°C 時，與薑汁混合後其凝固物的重量的多寡是酪蛋白>鮮乳。
- (二) 乳清蛋白在持續加熱超過 75°C 的過程中，取出時還沒跟薑汁混合已經變成凝固的狀態，所以無法再與薑汁做反應。

推論：

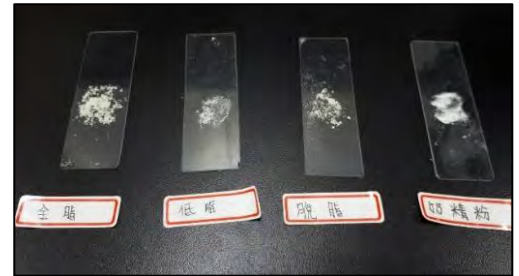
- (一) 薑汁撞奶之所以會凝固，的確是酪蛋白與薑汁中的蛋白酶產生化學反應而造成。
- (二) 乳清蛋白具有熱敏感性，只要持續加熱 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 約十分鐘後，不用與薑汁混合，就會自己產生凝固的現象。
- (三) 鮮奶在加熱後常常會有奶皮的出現，我們推測是乳清蛋白加熱而造成。

問題二：奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？深入探討奶粉與奶精蛋白質種類與濃度有何不同。

實驗一：奶粉與奶精外觀與氣味上有何不同？

方法：將奶精與奶粉以目測及放在顯微鏡下做觀察並記錄。

品項	全脂	低脂	脫脂	奶精
外觀				
顏色	乳黃色	淡黃色	淡白色	純白色
氣味	奶味濃	奶味濃	奶味淡	無奶味
放大400倍				
說明	顆粒最大，大多都黏在一起，一大顆帶一小顆。	顆粒小，會黏在一起，很難分開。	顆粒小，會黏在一起，很難分開。	散狀排列，顆粒很小且成散狀。



發現：

(一)就顏色深淺來說，依序為：全脂>低脂>脫脂>奶精。

(二)就顆粒大小來說，依序為：全脂>低脂=脫脂>奶精。

(三)就味道來說，三種奶粉都有牛奶味，奶精則沒有。

實驗二：探究奶粉與奶精的蛋白質濃度有何不同？

※實驗說明：

(一)為了深入了解奶精和奶粉的蛋白質濃度有何不同，我們在師長的指導下，進行以下的實驗，並做研究方法的說明。

(二)原理說明：蛋白質濃度的測量

1.基本原理：

(1)比爾-朗伯定律：當單色光通過溶液時，溶液之吸光度與溶液之濃度成正比。

$A=ebc$ A =吸光度， e =吸光常數， b =光徑， c =溶液濃度

(2)物質的吸光度和濃度成正比，但這個定律只限制在某一個濃度範圍之內。使用比爾定律必須選擇測定物質吸光曲線在直線區域才有效。

(3)一般光電比色計的吸光度介於 0.1~0.75 之間，測得之濃度最為精確。若是吸光度過高，則測試溶液必須稀釋，至有效吸光度為止。

2.蛋白質染色法基本原理

蛋白質和蛋白質染劑與鹼性胺基酸形成紫色物在 595nm 的吸光度可以有效用來作 10~100 $\mu\text{g/ml}$ 蛋白質的定量。它所需要反應的時間約是 5~10 分鐘之間，呈色之後要在 20 分鐘之內觀察。

※實驗步驟：

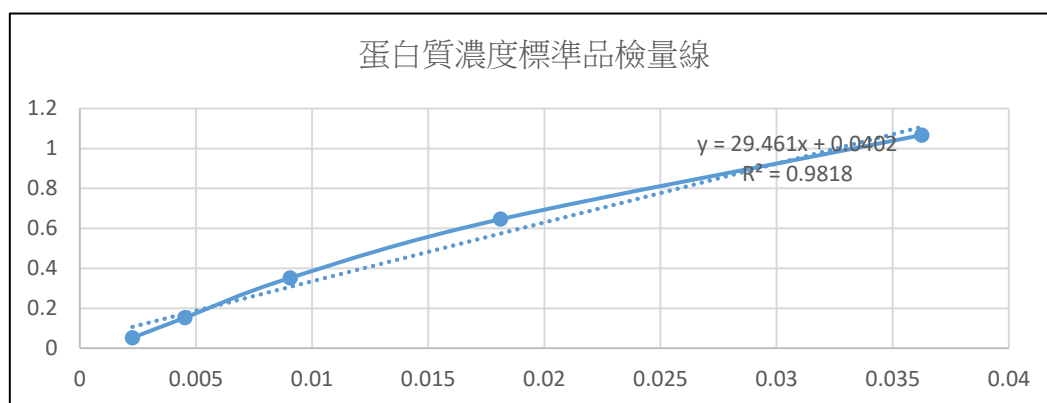
(一)以蛋白質標準品製作檢量線：

1. 將蛋白質標準品（1.45mg/mL）以 1 倍、2 倍、4 倍、8 倍、16 倍及 32 倍連續稀釋。
2. 先將微量離心管分別加入 780 μl 、400 μl 、400 μl 、400 μl 、400 μl 的去離子水
3. 取 20 μl 稀釋過的蛋白質標準品與 780 μl 去離子水混合，可得到 800 μl 溶液(1X)。

4. 從 800 μl 溶液(1X) ，取 400 μl 溶液至第二管，得到 800 μl 溶液(2X)以此類推。
5. 取 400 μl 去離子水加 100 μl 的蛋白質染劑為空白對照組，其他樣品也加入 100 μl 的蛋白質染劑。
6. 根據稀釋的蛋白質標準品及空白對照組在波長 595nm 處的吸收值，以電腦繪出檢量線。
- 7.將待測的蛋白質至 OD595 值在標準取線範圍內以內差法計算出濃度。

※實驗結果：

	蛋白質濃度	吸光值
1x	0.03625 mg/mL	1.067
2x	0.018125 mg/mL	0.646
4x	0.0090625 mg/mL	0.352
8x	0.0045312 mg/mL	0.153
16x	0.0022655 mg/mL	0.052



結果： $y = 29.461x + 0.0402$ $R^2 = 0.9818$

(二) 奶粉與奶精的吸光值與蛋白質濃度

- 1.將奶精、全脂、低脂、脫脂奶粉水以 13%的濃度調配（6.5g 待測物+43.5ml 水）
- 2.將樣品取出 20ul 並加入 780ul 的去離子水（稀釋 40 倍）
- 3.再取出 10ul 並加入 790ul 的去離子水（再稀釋 80 倍，使成為 3200 倍）
- 4.加入 100ul 的蛋白質染劑
- 5.用微量滴管吸取 900ul 滴入比色管
- 6.放入分光光度計，測得吸光值，並帶入檢量線公式中計算出濃度。

※實驗結果：

	全脂奶粉	低脂奶粉	脫脂奶粉	奶精
吸光值	0.263	0.312	0.468	0.05
蛋白質濃度	24.2mg/mL	29.5224 mg/mL	46.46656 mg/mL	1.06432 mg/mL

計算方法：

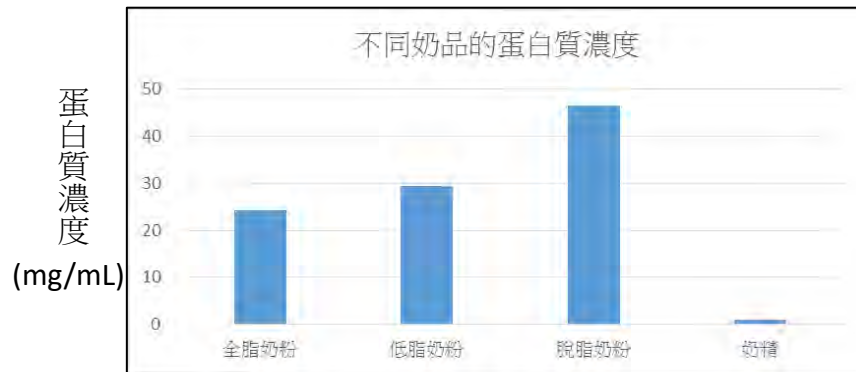
因為： $y = 29.461x + 0.0402$ 吸光值是 y 濃度是 x

所以： $(\text{吸光值} - 0.0402) / 29.461 = \text{濃度}$

以全脂奶粉來說： $0.263 - 0.0402 / 29.461 = 0.0075625$

前面稀釋 40 倍，又稀釋 80 倍，總共是 3200 倍，要再乘回去：

所以是： $0.0075625 * 40 * 80 = 24.2$



師長教我們繪製檢量線



努力學習的我們接受新的知識與觀念



發現：

(一)奶粉與奶精的蛋白質濃度依序為：脫脂奶粉>低脂奶粉>全脂奶粉>奶精。

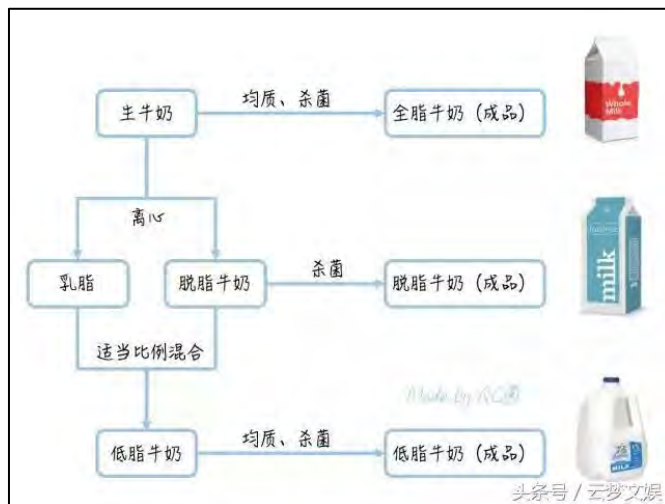
(二)當稀釋為 3200 倍時，很明顯的奶精的顏色與蛋白質標準品接近，也就是吸光值趨近於 0，代表奶精的蛋白質濃度非常低。

討論：出乎意料，蛋白質濃度竟然是脫脂奶粉比低脂和全脂高！為了求證這樣的結果，我們找了奶粉製造過程的資料，內容如下：

※脫脂奶是怎麼做出來的？

剛從奶牛擠出來的牛奶叫做生牛奶，生牛奶的脂肪含量約為 **3.1%** 左右。生牛奶含有細菌，並不能直接喝。經過殺菌和均質之後，就得到了我們平常喝的全脂牛奶。

那麼，脫脂牛奶和低脂牛奶是怎麼做出來的呢？很簡單，生牛奶是不穩定的，只需靜置就可以分層，牛奶中的脂肪會浮到表面來。**牛奶廠將牛奶進行離心，就可以非常方便分離出乳脂(奶油)。去掉奶油的牛奶就是脫脂牛奶。**



取自：<https://kknews.cc/zh-tw/health/jvvbkv6.html>

而**只要將去掉的那些奶油重新加回到脫脂牛奶中，並進行「均質」的步驟，讓脂肪微粒更小，均勻分散在牛奶中，我們就得到了「低脂牛奶」。**低脂牛奶中具體加多少奶油就跟產品有關了，一般 **1% 到 2%** 都是比較常見的。

在脫去脂肪後，有的物質減少了，也有的物質增加了。減少的物質主要是脂肪。(注意，除了脂肪本身以外，一些脂溶性的維生素，比如：維生素 A、維生素 E 和胡蘿蔔素，也隨著脂肪一起被除去了)。但是，從另一個角度來看，**除去了脂肪，就相當於濃縮了牛奶中其他的物質。所以在等量牛奶相互比較的情況下，脫脂牛奶的蛋白質、醣類和一些微量元素（鉀、鈣等）都會稍微增加一些。**

依據上述資料，從牛奶製程看來，**脫脂奶粉是比全脂奶粉的蛋白質含量還高的，而低脂又比全脂蛋白質含量還高出一點。**為了進一步佐證，我們又仔細觀察奶粉外包裝的營養標示：(說明：全脂奶粉的標示是每一份 275 毫升含蛋白質 8.5 公克。經過電話詢問廠商，275 毫升的奶水是由 36 公克的奶粉泡成，因此換算如下表：

全脂奶粉	低脂奶粉	脫脂奶粉																																																																																																			
每份量275毫升 本包裝含22份 <table><thead><tr><th></th><th>每份</th><th>每日參考值</th></tr></thead><tbody><tr><td>熱量 Energy</td><td>183大卡</td><td>9%</td></tr><tr><td>蛋白質 Protein</td><td>8.5公克</td><td>14%</td></tr><tr><td>脂肪 Fat</td><td>10.2公克</td><td>17%</td></tr><tr><td>飽和脂肪 Saturated Fat</td><td>6.8公克</td><td>38%</td></tr><tr><td>反式脂肪 Trans Fat (註1)</td><td>0.0公克</td><td>*</td></tr><tr><td>碳水化合物 Carbohydrates</td><td>14.4公克</td><td>5%</td></tr><tr><td>糖 Sugars (註2)</td><td>14.4公克</td><td>*</td></tr><tr><td>鈉 Sodium</td><td>108毫克</td><td>5%</td></tr><tr><td>鈣 Calcium</td><td>310毫克</td><td>26%</td></tr><tr><td>鐵 Iron</td><td>3.6毫克</td><td>24%</td></tr><tr><td>維生素A Vitamin A</td><td>194微克 RE</td><td>25%</td></tr></tbody></table>		每份	每日參考值	熱量 Energy	183大卡	9%	蛋白質 Protein	8.5公克	14%	脂肪 Fat	10.2公克	17%	飽和脂肪 Saturated Fat	6.8公克	38%	反式脂肪 Trans Fat (註1)	0.0公克	*	碳水化合物 Carbohydrates	14.4公克	5%	糖 Sugars (註2)	14.4公克	*	鈉 Sodium	108毫克	5%	鈣 Calcium	310毫克	26%	鐵 Iron	3.6毫克	24%	維生素A Vitamin A	194微克 RE	25%	營養標示 Nutrition Facts 每一份量 30 公克 本包裝含 25 份 <table><thead><tr><th></th><th>每份</th><th>每100 毫升</th></tr></thead><tbody><tr><td>熱量</td><td>123 大卡</td><td>56 大卡</td></tr><tr><td>蛋白質</td><td>9.3 公克</td><td>4.2 公克</td></tr><tr><td>脂肪</td><td>3.1 公克</td><td>1.4 公克</td></tr><tr><td>飽和脂肪</td><td>2 公克</td><td>0.9 公克</td></tr></tbody></table>		每份	每100 毫升	熱量	123 大卡	56 大卡	蛋白質	9.3 公克	4.2 公克	脂肪	3.1 公克	1.4 公克	飽和脂肪	2 公克	0.9 公克	每一份量28公克 本包裝含26份 <table><thead><tr><th></th><th>每份</th><th>每日參考值</th></tr></thead><tbody><tr><td>熱量</td><td>96大卡</td><td></td></tr><tr><td>蛋白質</td><td>9.8公克</td><td>14%</td></tr><tr><td>脂肪</td><td>0公克</td><td>0%</td></tr><tr><td>飽和脂肪</td><td>0公克</td><td>0%</td></tr><tr><td>反式脂肪</td><td>0公克</td><td>0%</td></tr><tr><td>膽固醇</td><td>0毫克</td><td>0%</td></tr><tr><td>碳水化合物</td><td>14公克</td><td>5%</td></tr><tr><td>糖</td><td>13.6公克</td><td>5%</td></tr><tr><td>鈉</td><td>104毫克</td><td>5%</td></tr><tr><td>鈣</td><td>560毫克</td><td>26%</td></tr><tr><td>維生素A</td><td>210微克 RE</td><td>25%</td></tr><tr><td>維生素D</td><td>140毫克</td><td>25%</td></tr><tr><td>維生素E</td><td>4.2微克</td><td>25%</td></tr><tr><td>維生素C</td><td>2毫克</td><td>25%</td></tr><tr><td>維生素B</td><td>2.2毫克</td><td>25%</td></tr></tbody></table>		每份	每日參考值	熱量	96大卡		蛋白質	9.8公克	14%	脂肪	0公克	0%	飽和脂肪	0公克	0%	反式脂肪	0公克	0%	膽固醇	0毫克	0%	碳水化合物	14公克	5%	糖	13.6公克	5%	鈉	104毫克	5%	鈣	560毫克	26%	維生素A	210微克 RE	25%	維生素D	140毫克	25%	維生素E	4.2微克	25%	維生素C	2毫克	25%	維生素B	2.2毫克	25%
	每份	每日參考值																																																																																																			
熱量 Energy	183大卡	9%																																																																																																			
蛋白質 Protein	8.5公克	14%																																																																																																			
脂肪 Fat	10.2公克	17%																																																																																																			
飽和脂肪 Saturated Fat	6.8公克	38%																																																																																																			
反式脂肪 Trans Fat (註1)	0.0公克	*																																																																																																			
碳水化合物 Carbohydrates	14.4公克	5%																																																																																																			
糖 Sugars (註2)	14.4公克	*																																																																																																			
鈉 Sodium	108毫克	5%																																																																																																			
鈣 Calcium	310毫克	26%																																																																																																			
鐵 Iron	3.6毫克	24%																																																																																																			
維生素A Vitamin A	194微克 RE	25%																																																																																																			
	每份	每100 毫升																																																																																																			
熱量	123 大卡	56 大卡																																																																																																			
蛋白質	9.3 公克	4.2 公克																																																																																																			
脂肪	3.1 公克	1.4 公克																																																																																																			
飽和脂肪	2 公克	0.9 公克																																																																																																			
	每份	每日參考值																																																																																																			
熱量	96大卡																																																																																																				
蛋白質	9.8公克	14%																																																																																																			
脂肪	0公克	0%																																																																																																			
飽和脂肪	0公克	0%																																																																																																			
反式脂肪	0公克	0%																																																																																																			
膽固醇	0毫克	0%																																																																																																			
碳水化合物	14公克	5%																																																																																																			
糖	13.6公克	5%																																																																																																			
鈉	104毫克	5%																																																																																																			
鈣	560毫克	26%																																																																																																			
維生素A	210微克 RE	25%																																																																																																			
維生素D	140毫克	25%																																																																																																			
維生素E	4.2微克	25%																																																																																																			
維生素C	2毫克	25%																																																																																																			
維生素B	2.2毫克	25%																																																																																																			
全脂奶粉的營養標示： 每 36 公克含有 8.5 公克的蛋白質 全脂奶粉的蛋白質濃度： 8.5/36*100%=23%	低脂奶粉的營養標示： 每 30 公克含有 9.3 公克的蛋白質 低脂奶粉的蛋白質濃度： 9.3/30*100%=31%	脫脂奶粉的營養標示： 每 28 公克含有 9.8 公克的蛋白質 脫脂奶粉的蛋白質濃度： 9.8/28*100%=35%																																																																																																			

而奶精的營養標示，蛋白質含量明顯少很多：

奶精的營養標示：

每 5 公克含有 0.1 公克的蛋白質

奶精的蛋白質濃度：

$$0.1/5 \times 100\% = 2\%$$



營養標示		
每一份量5公克 本包裝含80份		
	每份	每日參考值 百分比
熱量	28大卡	1%
蛋白質	0.1公克	0%
脂肪	1.7公克	3%
飽和脂肪	1.5公克	8%
反式脂肪	0公克	*
碳水化合物	3公克	1%
糖	0.4公克	1%

推論：從分光光度計的濃度實驗與資料顯示，奶精的蛋白質含量比三種奶粉少很多，基本上是沒甚麼營養價值的。

實驗三：奶粉與奶精中蛋白質種類有何不同？牛奶中的兩個主要蛋白質成分乳清蛋白與酪蛋白可以看得嗎？

※實驗說明：了解奶粉和奶精中的蛋白質濃度的不同後，我們想進一步了解其蛋白質的種類是否也不一樣，經過討論，我們也在師長指導下，進行電泳的實驗分析。

(一)SDS 蛋白質膠體電泳原理：

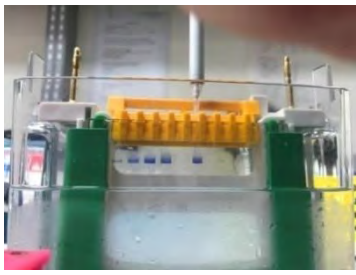
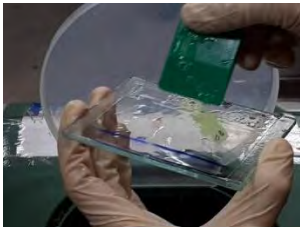
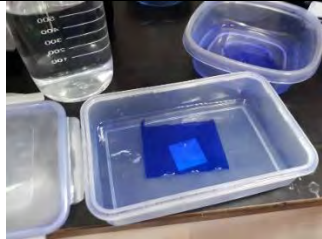
SDS 膠體電泳法為分析蛋白質分子常用的研究方法之一，主要用來分析蛋白質次單位與其分子量大小。SDS 是一種具有負離子的介面活性劑，它的分子以及碳氫長鏈可以與蛋白質分子進行結合，而成為蛋白質與 SDS 的複合物，此帶有大量負電荷的複合體在電泳的電場中向正極移動，移動速度由分子量來影響。SDS 同時也是一種很強的解離劑，將蛋白質加入 SDS 與還原劑後加熱，可破壞分子內的雙硫鍵，把蛋白質的次單位分開，再進行 SDS 膠體電泳，即可用來研究蛋白質的次單位及其分子量。

※實驗步驟：

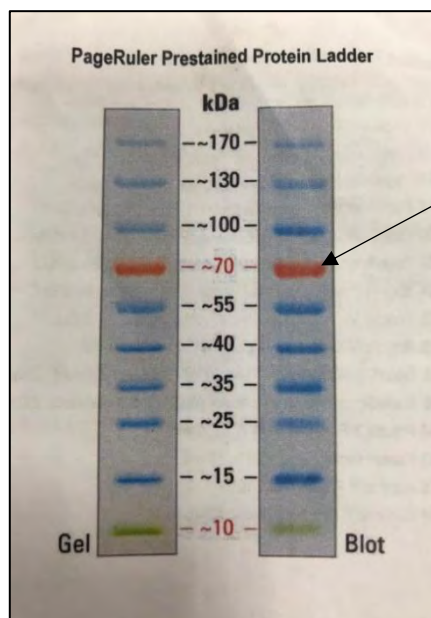
- 我們將購買來的電泳膠片固定在電泳槽，並加入 SDS 電泳緩衝液。
- 取 5 微升的樣本，加入 10 微升的樣本緩衝液，混合均勻後於 90°C 中煮 2 分鐘，放在冰浴冷卻 1 分鐘後震盪 10 秒，以微量吸取器小心的注入膠體中的樣本槽，並避免氣泡的產生。
- 取蛋白質標準品約 2 μ l，做為蛋白質分子量參考的依據。
- 將電泳槽上部的蓋子蓋上，確認正負極裝置正確，連接上電源供應器，定電壓以 100~150 V，電流 50mA 進行電泳，約 60 分鐘完成。
- 待紅色的電泳前導線跑出膠片外前，關掉電源，取出膠片中的膠體，進行染色。
- 染色約 10 分鐘，退染約分鐘，即可看到蛋白質在膠片上的位置及對應的分子量。



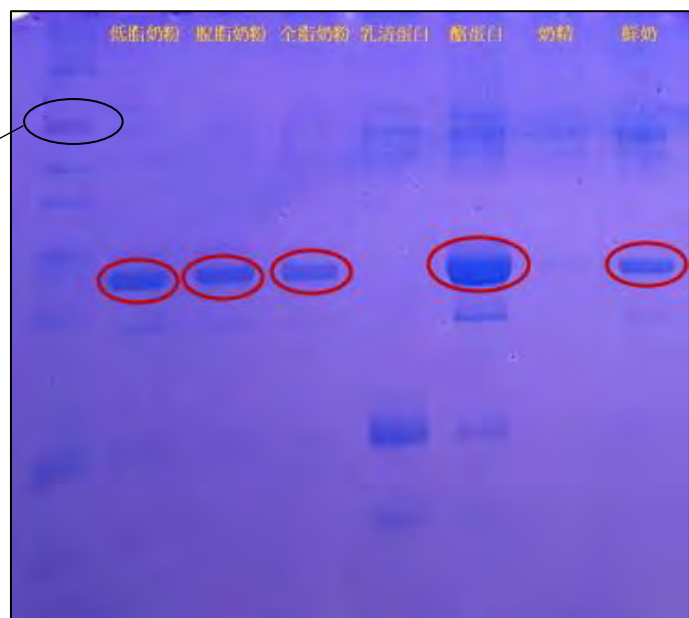
我們在師長指導下學習電泳實驗操作

		
染色樣品	裝入膠片	注入樣品
		
開始電泳	拆除膠片	染色褪色

結果：



電泳膠片分子量標準對照表



三種奶粉、鮮奶、酪蛋白、乳清蛋白與奶精的電泳結果

※說明：由於我們的電泳膠片是購買現成的，廠商提供了電泳膠片分子量的標準對照表，最左邊的是測定時電泳膠片的分子量標準，顏色較淺的那條對應過去是分子量 70kDa。

※討論：

分子、分子量是甚麼呢？

分子是一種構成物質的粒子，呈電中性、由兩個或多個原子組成。而原子是元素能保持其化學性質的最小單位。分子量代表甚麼意思呢？老師說分子量是組成原子的質量，分子量如同是它們的體重一樣，分子量越大的越重，跑不遠(在膠片的較上方)；分子量越小的越輕，會跑得比較遠(在膠片的較下方)。

發現：

(一)從電泳結果圖看來，低脂奶粉、脫脂奶粉與全脂奶粉，甚至是鮮奶，他們的分子量都與酪蛋白接近，大約在 25-35 之間，接近 30kDa 的地方，因此我們可以判斷：低脂奶粉、脫脂奶粉、全脂奶粉、鮮奶，所含的營養成分皆以酪蛋白居多。

(二)乳清蛋白的分子量約在 15 和 25 之間，接近 16、17kDa 左右(分子量較小)；其蛋白質的種類與酪蛋白完全不相同。

(三)奶精分子量較大，大約是 70kDa 左右，在分子量 25-35 那個區塊，有淡淡的一條痕跡，代表奶精只有微量的酪蛋白。

推論：三種奶粉與鮮奶的營養成分是以酪蛋白為主，奶精的酪蛋白含量非常少。

問題三：脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？

實驗一：不同脂肪含量的奶粉與奶精對薑汁撞奶的影響。

方法：

(一)配置重量百分比濃度 13%的奶精、全脂奶粉、低脂奶粉、脫脂奶粉溶液。

(二)取 2.19c.c 的薑汁放入 50c.c.離心管中。

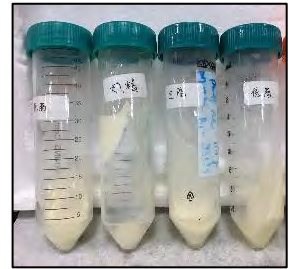
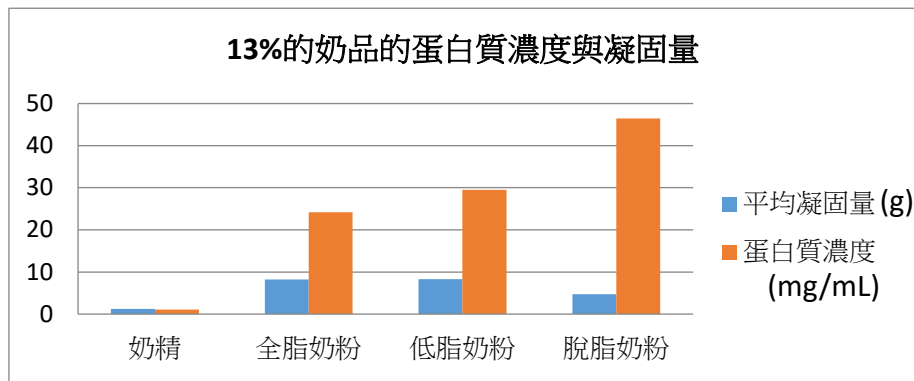
(三)再取方法(一)所配置的奶精、奶粉溶液 32.81c.c.放入離心管中並放入水浴槽內成為 80℃。

(四)將加熱後的奶精、奶粉溶液倒入薑汁內(比例：1：15)，靜置 8 分鐘後，觀察其結果。

(五)放入離心機內，以 8000 轉離心 20 分鐘，測量其淨重。

結果：

	奶精	全脂奶粉	低脂奶粉	脫脂奶粉
結塊與否	×	○	○	×
1	1.20 g	8.20 g	8.30 g	4.60 g
2	1.11 g	8.24 g	8.35 g	4.73 g
3	1.36 g	8.18 g	8.29 g	4.80 g
平均凝固量	1.223g	8.207g	8.313g	4.710g
蛋白質濃度	1.06432mg/mL	24.2 mg/mL	29.5224 mg/mL	46.46656 mg/mL
描述	呈現液態，但離心後有一點點的白色固型物在液面上面，底部的凝固物很少。	呈現固態，離心後白色沉澱物較多。	呈現固態，離心後白色沉澱物較多。	呈現液態，但離心後有一些些的白色沉澱物。

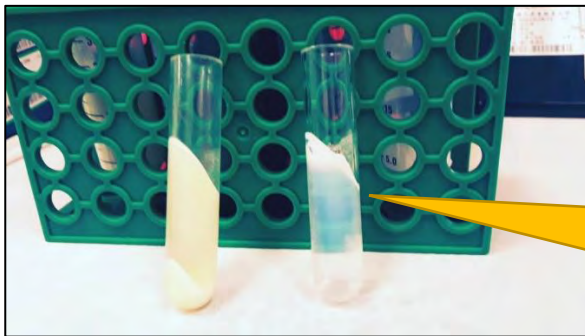


發現：

(一)以 13%的濃度來說，只有全脂奶粉和低脂奶粉可以使薑汁撞奶成功。

(二)三種奶粉的蛋白質濃度多寡依序為：脫脂>低脂>全脂；凝固量多寡依序為：低脂>全脂>脫脂。經離心後，凝固物的重量的多寡依序為：低脂奶粉>全脂奶粉>脫脂奶粉>奶精。

(一) 奶精的蛋白質濃度最少，凝固量也最少，且離心後上面還有一層白色的懸浮物。



奶精溶液離心後，很明顯的在上面有一層白色類似脂肪的物質，我們推測那是反式脂肪。

推論：

(一)全脂奶粉和低脂奶粉的蛋白質含量較高，因此可與薑汁蛋白酶發生反應產生凝固現象。

(二)奶精的蛋白質含量少、營養少、且離心後上面會浮有一層猜測是反式脂肪的白色物體，這告訴我們奶精並非真正的牛奶，且恐怕對人體造成負擔，大家應儘量避免食用。

討論：經過分光實驗，與資料蒐集、商品的營養標示，都指出脫脂奶粉的蛋白質含量其實高於低脂和脫脂，那為何 13%的脫脂奶水與薑汁反應不會成功？而全脂和低脂都會成功？是跟脂肪有關嗎？如果提高濃度有可能會成功嗎？

實驗二：不同濃度的脫脂奶粉對薑汁撞奶的影響。

方法：

(一)配置重量百分比濃度 14%、15%、16%、17%的脫脂奶粉溶液。

(二)取 2.19c.c 的薑汁放入小茶杯中。

(三)取方法(一)所配置的脫脂奶粉溶液 32.81c.c.放入離心管中，放入水浴槽內使其成為 80℃。

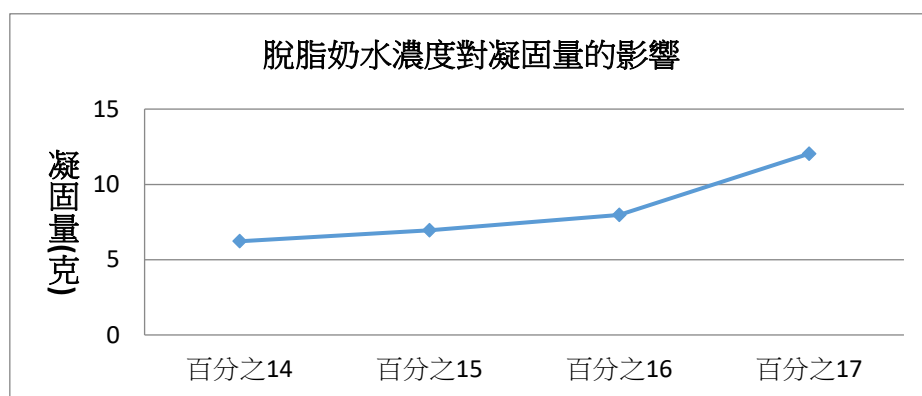
(四)將加熱後的脫脂奶粉溶液倒入薑汁內(比例：1：15)，靜置 8 分鐘後，觀察其結果。

(五)放入離心機內，以 8000 轉離心 20 分鐘，測量其淨重。

結果：

脫脂濃度	14%	15%	16%	17%
結塊與否	×	×	○	○
1	6.25	6.82	7.78	12.11
2	6.18	6.98	8.12	11.98
3	6.23	7.02	7.98	12.02
平均凝固量	6.220	6.940	7.960	12.037
描述	呈現液態，目視沒有產生凝固現象。	呈現液態，目視沒有產生凝固現象。	呈現固態，但看起來仍有點稀。	呈現固態，感覺產生薑汁撞奶比較硬實。

單位：g

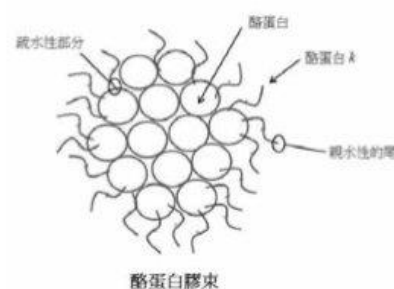


發現：脫脂奶水濃度必須從 16%開始，才能有明顯的凝固現象，濃度越濃凝固物的重量越多。

討論：脫脂奶粉的蛋白質含量其實比低脂和全脂多，但為何需提高濃度與薑汁蛋白酶反應才能產生凝固現象？是否薑汁撞奶也跟脂肪有關，脫脂奶粉的脂肪量過低，導致相同濃度時，即使蛋白質濃度足夠也無法與薑汁蛋白酶作用產生凝固現象？而提高了濃度，脂肪量也提高，直到 17%時才能形成結塊較成功的現象？我們在香港研究的文獻探討中發現有所謂的疏水性問題，我們推測少了脂肪就少了疏水性，因此影響薑汁撞奶的結果。

資料說明：

酪蛋白是牛奶的主要蛋白質，大部分酪蛋白是以酪蛋白膠束的形式存在於牛奶當中。酪蛋白膠束的模型暫時有不同的說法，仍然未有統一的模型來解釋酪蛋白膠束的結構，不過研究普遍認為酪蛋白膠束呈球體形狀。球體內裏是由更細小的膠束組成，成分包括酪蛋白、鈣及磷。酪蛋白 k 是一種蛋白質，分佈在酪蛋白膠束的表面，形成一層

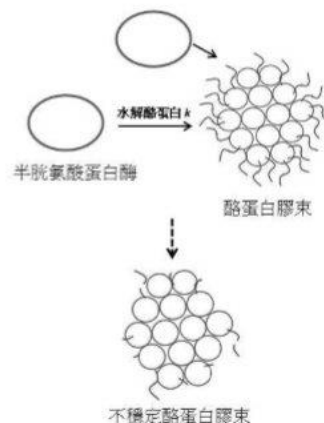


圖一：酪蛋白膠束模型

保護層，負責穩定酪蛋白膠束。酪蛋白 k 的疏水性部分指向酪蛋白膠束的表面，而它的另一端是親水性的尾，親水性的尾指向牛奶液。因為酪蛋白 k 親水性的尾指向液體，所以牛奶呈液態。

第一階段：

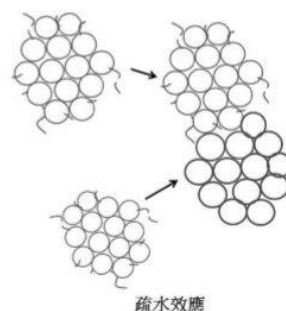
研究指出薑汁蛋白酶存在的 P1 及 P2 成分是屬於一種稱為半胱氨酸蛋白酶的蛋白酶。當薑汁加入牛奶中，薑汁蛋白酶含有的半胱氨酸蛋白酶會進行蛋白酶解（將蛋白質分解成更小的物質）。半胱氨酸蛋白酶透過水解作用分解負責穩定酪蛋白膠束的酪蛋白 k 的肽鍵。酪蛋白膠束失去酪蛋白 k 的保護，變成不穩定狀態。(Hashim, et.al., 2011; Choi & Laursen, 2000; Huang et. al. 2011; Dalglish, 1993; Buttle & Mort, 2004; 馮敏 & 唐春红, 2008)



圖二：牛奶凝固的第一階段

第二階段：

酪蛋白膠束的表面失去酪蛋白 k 後，酪蛋白 k 親水性的尾大大減少，剩餘了疏水性部分。疏水性部分會引發疏水效應，疏水效應使牛奶內大部分的酪蛋白膠束自動地聚集起來。聚合後的酪蛋白膠束會重新排列(有一些研究將酪蛋白膠束重新排列的過程定為第三階段)，形成固體。高溫會使牛奶內的水分蒸發，水分減少，加速疏水效應，使酪蛋白膠束更快地聚集起來，變成固體。(Cheryan et. al., 1974; Dalglish, 1993; 馮敏 & 唐春红, 2008)



圖三：疏水效應使酪蛋白膠束聚集

※推論：脂肪在薑汁撞奶中其實也是扮演重要的角色，少了脂

肪便少了疏水性，薑汁與牛奶的凝固作用就比較不容易產生。

問題四：任何一種薑，都能使薑汁撞奶成功反應嗎？

實驗：改變不同的薑種，看看是否都能成功產生凝固反應？

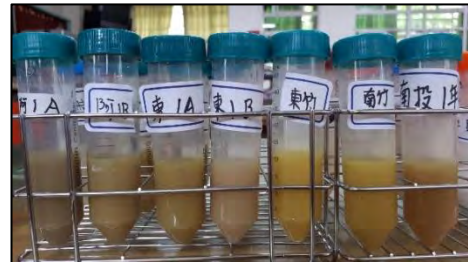
※實驗步驟：

- (一)將裝有 32.81c.c 鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶的溫度保持在 80℃。
- (二)分別將七種年份都是一年的薑塊磨成汁，並量取 2.19c.c 至離心管中。
- (三)將加熱到 80℃的鮮奶中倒入薑汁中，靜置 8 分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以 8000 轉轉 20 分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。

結果：

不同薑種	阿里山薑 A	阿里山薑 B	台東薑 A	台東薑 B	台東竹薑	南投竹薑	南投薑
結塊與否	○	○	×	○	○	○	×
1	9.62	10.69	2.51	8.29	12.01	11.8	1.98
2	11.67	11.54	3.21	8.12	11.98	11.29	1.36
3	10.54	12.73	2.85	9.21	11.85	11.69	1.86
平均凝固量	10.610	11.653	2.857	8.540	11.947	11.593	1.733

單位：g

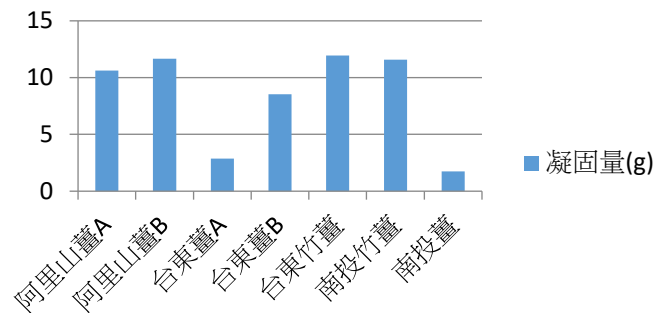


發現：

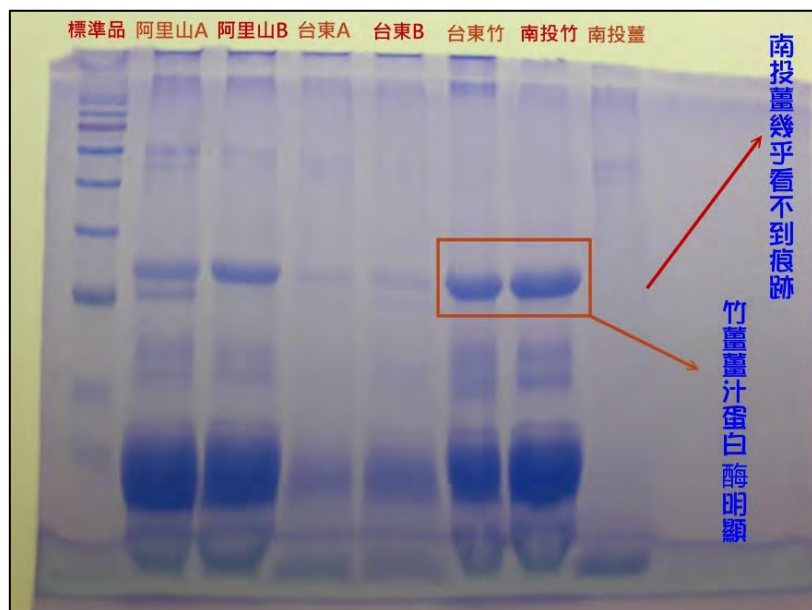
- (一)除了台東 A 和南投薑外，都能成功凝固。
- (二)阿里山 B、台東竹薑、南投竹薑凝固效果最好。

討論：明明都是一年的老薑，為何有的可以成功凝固，有的卻不行呢？為了進一步知道結果，我們進行電泳的實驗來找答案：

同年份不同薑種對凝固量的影響



結果：



發現：不能成功凝固的南投薑和台東老薑 A，其蛋白酶含量都非常少；竹薑和阿里山薑蛋白酶含量多，才能產生凝固的現象，其中兩款不同產地的竹薑以及阿里山薑 B 使牛奶凝固的效果特別好，其薑汁蛋白酶的痕跡也特別清楚。

推論：並不是每一種老薑都能與牛奶產生凝固反應，要看其薑汁蛋白酶的含量夠不夠。含量越多，凝固效果越好。因此，薑汁蛋白酶含量是決定薑汁撞奶能否成功的重要因素。

問題五：薑的生長年份如何影響薑汁撞奶的情形呢？

實驗：改變不同年份的薑塊，看看是否都能成功產生凝固反應？

※實驗步驟：

(一)將裝有 32.81c.c 鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶的溫度保持在 80℃。

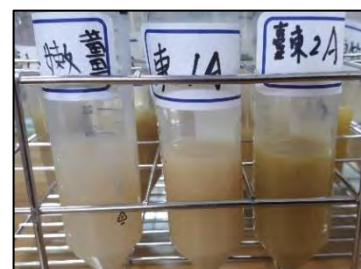
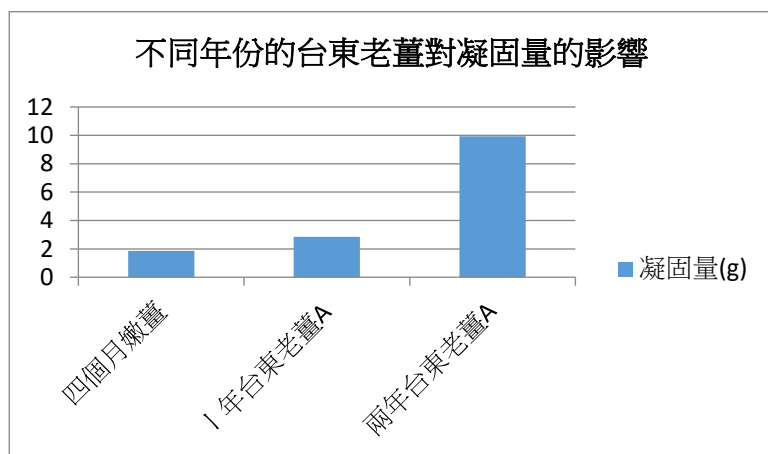
(二)分別將同產地不同年份的台東薑磨成汁，並量取 2.19c.c 至離心管中。

(三)將加熱到 80℃ 的鮮奶中倒入薑汁中，靜置 8 分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以 8000 轉轉 20 分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。

結果：

不同年份薑塊	四個月嫩薑	一年台東老薑 A	兩年台東老薑 A
結塊與否	×	×	○
1	1.92	2.51	9.93
2	1.85	3.21	10.01
3	1.77	2.85	9.85
平均凝固量	1.847	2.857	9.930

單位：g



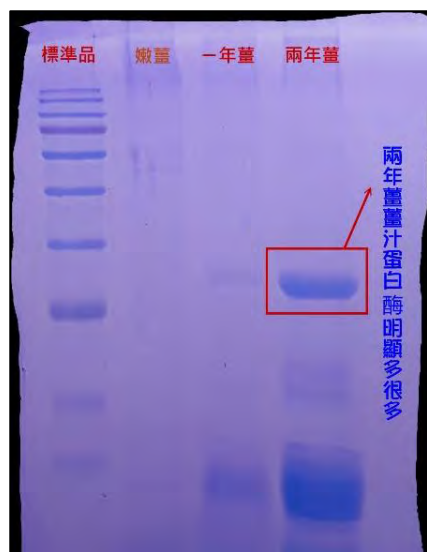
發現：

(一)年份越多的薑汁，顏色越深。

(二)嫩薑和一年的台東老薑無法使加熱的牛奶結塊，兩年的可以。

討論：為何台東老薑 A 只有兩年的可以使牛奶成功凝固，一年或四個月的嫩薑卻不行？生長的年份會影響將汁蛋白酶的多寡嗎？我們接著再使用電泳找答案。

結果：薑汁蛋白酶的多寡是：兩年>一年>嫩薑。



推論：

- (一)薑汁蛋白酶會隨著生長年份增加而增加。
- (二)薑汁蛋白酶的量要足夠，才能與蛋白質產生凝固的現象。

問題六：不同生長年份薑汁經過加熱後，如何影響薑汁撞奶的凝固情形呢？

實驗：不同年份的薑其薑汁溫度會影響薑汁撞奶的情形嗎？如果把薑汁加熱，薑汁的溫度會影響薑汁撞奶的凝固情形嗎？

※實驗說明：

- (一)過去的研究提到，牛奶的溫度越高（85℃～50℃皆可成功），所產生的凝固物越多。那麼薑汁呢？如果把薑汁加熱，其結果又是如何？
- (二)對於反應結果表面上看來不成功，呈現液狀的，我們認為可能有些凝固物是存在液體當中，因此也加以離心測量凝固物的重量做比較。

※實驗步驟：

- (一)將裝有 32.81c.c 鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶的溫度保持在 80℃。
- (二)將裝有 2.19c.c 薑汁的離心管分別放在水浴槽中加熱至不同的溫度，降溫至 27℃。
- (三)將加熱到 80℃的鮮奶中倒入薑汁中，靜置 8 分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以 8000 轉轉 20 分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。
- (四)改變不同年份的薑塊重覆前面實驗。

結果：

三年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	11.42	11.21	10.95	10.88	10.15	10.91	10.23	9.62	3.42
2	11.23	11.32	11.21	10.99	10.70	10.52	10.54	10.12	3.12
3	11.56	11.32	11.15	11.02	10.35	10.41	10.31	9.20	2.83
平均	11.403	11.283	11.103	10.963	10.400	10.613	10.360	9.647	3.123

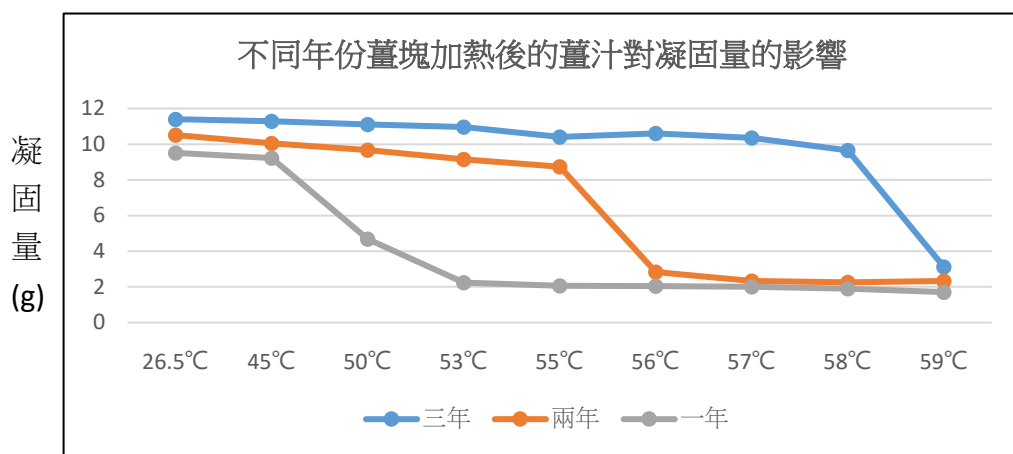
單位：g

兩年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	10.85	10.16	9.52	9.02	8.87	2.67	2.20	2.25	2.43
2	10.45	10.12	9.85	9.42	8.70	2.98	2.24	2.21	2.22
3	10.24	9.85	9.65	9.03	8.66	2.85	2.55	2.31	2.33
平均	10.513	10.043	9.673	9.157	8.743	2.833	2.330	2.257	2.327

單位：g

一年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	9.41	9.21	5.03	2.09	2.05	2.12	2.1	1.85	1.52
2	9.52	9.25	4.38	2.43	2.08	2.01	1.98	1.97	1.86
3	9.62	9.21	4.65	2.19	2.03	2.02	1.94	1.89	1.75
平均	9.517	9.2237	4.687	2.237	2.0537	2.050	2.007	1.903	1.710

單位：g



發現：

- (一) 加熱不同年份的薑塊所榨成的薑汁，種植年份越多的，能夠與牛奶反應的耐熱溫度越高，所結成的凝固量也越多。
- (二) 薑汁加熱的溫度，在 60℃ 以內才能夠與加熱 80℃ 的牛奶形成薑汁撞奶。



推論：

- (一) 薑汁加熱後薑汁蛋白酶會受到破壞，通常在 60℃ 以內才能與蛋白質進行反應。
- (二) 種植年份越久，薑汁蛋白酶越多，所以凝固量會增加，加熱後與蛋白質產生凝固反應的耐熱溫度也越高。

討論：當我們把薑汁加熱到五十多度時，把 80℃ 的熱牛奶倒下去，此時的反應溫度大約是七十幾度，照理說，60℃ 時薑汁蛋白酶的活性應該已經被破壞了，但卻還能成功凝固。所以我們推測，真正影響薑汁撞奶成功凝固的關鍵，不是反應時的反應溫度，而是薑汁本身的蛋白酶活性是否還存在。

問題七：薑塊放久了會發芽，長出新芽的薑塊會影響與蛋白質反應的效果嗎？長出來的新芽也能成功反應嗎？

實驗：薑塊如果發芽，會影響薑汁撞奶的結果嗎？

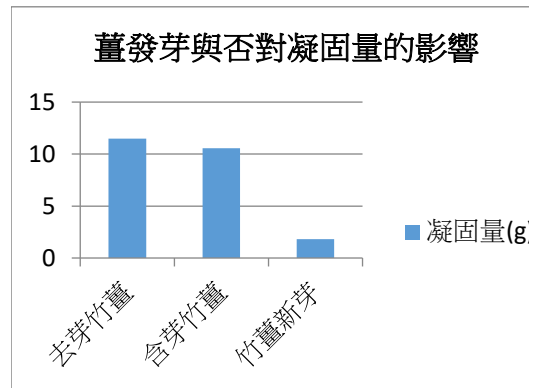
※實驗步驟：

- (一)將裝有 32.81c.c 鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶的溫度保持在 80℃。
- (二)分別將長了新芽的南投竹薑做不同處理並磨成汁，量取 2.19c.c 至離心管中。
- (三)將加熱到 80℃ 的鮮奶中倒入薑汁中，靜置 8 分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以 8000 轉轉 20 分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。

結果：

不同薑種	去芽竹薑	含芽竹薑	竹薑新芽
凝固與否	○	○	×
1	11.25	10.77	2.01
2	11.48	10.63	1.76
3	11.73	10.24	1.70
平均	11.486	10.547	1.823

單位：g



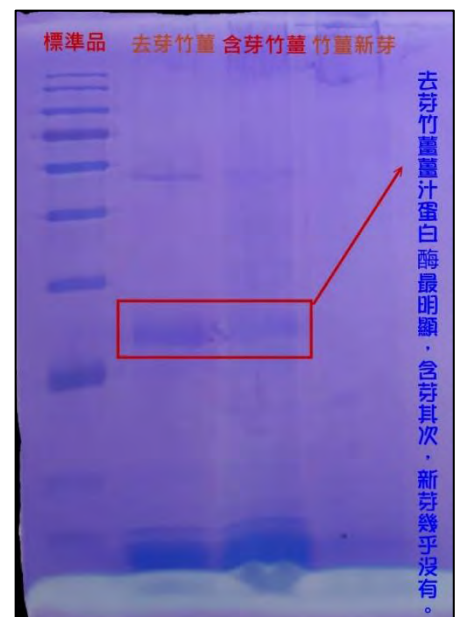
發現：

- (一)去芽的竹薑與含芽的竹薑都能與加熱後的牛奶產生凝固現象，但長出的新芽則不能。
- (二)竹薑磨汁後殘渣纖維較粗，新長的芽纖維較細。

討論：新長出的芽，樣子有點像嫩薑，嫩薑的薑汁蛋白酶較少，所以無法使蛋白質產生凝固現象，真的是這樣嗎？我們接著以電泳來證明：

結果：薑汁蛋白酶的多寡是：去芽竹薑>含芽竹薑>竹薑新芽。

- 推論：(一)長芽的竹薑仍具有薑汁蛋白酶，新芽如同嫩薑，幾乎沒有薑汁蛋白酶。
- (二)含芽竹薑的薑汁蛋白酶會因為被新芽稀釋，因此薑汁蛋白酶比去芽得少，凝固量也較少。



問題八：大家製作薑汁撞奶的方法都是將加熱的牛奶倒入薑汁中，那如果相反的是把薑汁倒入加熱的牛奶中，也能成功凝固嗎？

實驗：如果將薑汁撞奶的製作順序改變，會影響實驗結果嗎？

※實驗說明：所有的資料告訴我們，薑汁撞奶的做法是要以熱牛奶倒入薑汁中，我們思考，如果順序反過來，將薑汁倒入熱牛奶內，結果是否會將同呢？

※實驗步驟：

(一)量取 2.19c.c 的薑汁放入離心管中。

(二)量取鮮奶 32.81c.c 放入離心管中。

(三)將裝有鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱到 80℃，將熱牛奶倒入薑汁中。

(四)靜置 8 分鐘後，觀察其結果，並放入離心機中以 8000 轉轉 20 分鐘，倒出上層液後，測量其凝固物的重量。

(五)重複前面方法，將步驟(三)改為薑汁放入牛奶中，重覆方法(四)比較其結果。

結果：

	牛奶→薑汁	薑汁→牛奶
結塊與否	○	×
1	11.4	9.54
2	11.2	8.53
3	11.5	9.21
平均	11.37	9.090

單位：g



發現：將薑汁倒入牛奶中，凝固的情形不如將牛奶倒入薑汁，沒有明顯結塊，不算成功。

伍、討論

一、觀察液體量時，眼睛應該與液面平視，才能準確。

二、對於反應結果表面上看來不成功，呈現液狀的，我們認為可能有些凝固物是存在液體當中的，因此也加以離心測量凝固物的重量做比較。

三、控溫時要讓溫度比預計反應時的溫度多 1-2 度，才能準確控制溫度。例如 75 度要到 77 度，才能避免移動時牛奶溫度下降太多。

四、接近預計溫度 0.5-1.0 度時，要提早拿出，因為放在冰塊中時，還是會少許上升。

五、使用離心機時一定要力求平衡，並加上蓋子，才不會損壞離心機。

六、離心機轉子內部的水要擦乾。

七、洗完燒杯後要用去離子水噴過，才不會有水垢。

陸、結論

一、奶粉也可以像鮮奶一樣成功製作薑汁撞奶嗎？究竟是牛奶中的哪種成分與薑汁形成凝固反應？

- 牛奶的蛋白質含量要足夠，否則無法與薑汁發生反應而凝固。以全脂奶粉沖泡的牛奶，要 12~13%濃度才能有明顯的凝固現象。濃度越高，凝固效果越好。
- 薑汁撞奶之所以會產生凝固的現象，是因為蛋白質中的酪蛋白，與薑汁中的蛋白酶發生反應而造成。
- 蛋白質中的酪蛋白必須到達 10%以上的濃度，才能與薑汁中的蛋白酶發生凝固反應。
- 乳清蛋白具有熱敏感性，只要持續加熱約 70~80℃ 後，不用與薑汁混合，就會自己產生凝固的現象。鮮奶在加熱後常常會有奶皮的出現，我們推測是乳清蛋白加熱而造成。

二、奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？深入探討奶粉與奶精中蛋白質種類與濃度有何不同。

- 奶精無法使薑汁撞奶成功凝固，蛋白質含量比奶粉少很多，基本上沒甚麼營養價值。
- 奶精溶液經過離心後，發現底層凝固物很少，酪蛋白含量少，且上面有一層薄薄的白色的東西，我們猜測那可能是所謂的反式脂肪。所以奶精並非真正的牛奶，且恐怕對人體造成負擔，大家應儘量避免食用。
- 全脂、低脂、脫脂奶粉與鮮奶的營養成分是以酪蛋白為主，奶精的酪蛋白含量非常少。

三、脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？

- 脫脂奶粉蛋白質比較多，卻需要比較濃的濃度才能使薑汁撞奶成功結塊，應該是脂肪的含量也會影響薑汁撞奶的結果。
- 少了脂肪便少了疏水性，薑汁與牛奶的凝固作用就比較不容易產生。

四、任何一種薑，都能使薑汁撞奶成功反應嗎？

- 並不是每一種老薑都能與牛奶產生凝固反應，薑汁蛋白酶含量是決定薑汁撞奶能否成功的重要因素。

五、薑的生長年份如何影響薑汁撞奶的情形呢？

- 薑汁蛋白酶會隨著生長年份增加而增加，與蛋白質產生凝固反應的效果也越好。

六、不同生長年份薑汁的經過加熱後，如何影響薑汁撞奶的凝固情形呢？

- 薑汁加熱後薑汁蛋白酶會受到破壞，通常在 60℃ 以內才能與蛋白質進行反應。
- 真正影響薑汁撞奶成功凝固的關鍵，不是反應時的反應溫度，而是薑汁本身的蛋白酶活性是否還存在。

→種植年份越久，薑汁蛋白酶越多，所以凝固量會增加，加熱後與蛋白質產生凝固反應的耐熱溫度也越高。

七、薑塊如果發芽，會影響薑汁撞奶的結果嗎？

→長芽的薑仍具有薑汁蛋白酶，新芽如同嫩薑，幾乎沒有薑汁蛋白酶。

八、將薑汁撞奶的製作順序改變，會影響實驗結果嗎？

→將製作順序顛倒，把薑汁倒入牛奶中不會有明顯的凝固情形。

柒、參考資料

一、全脂，低脂，脫脂牛奶，看看他們的營養價值

<https://kknews.cc/zh-tw/health/jvbkv6.html>

二、純酪蛋白

<https://www.taiwannutrition.com/casein-protein>

三、維基百科

分子量 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%88%86%E5%AD%90%E9%87%8F>

原子 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/原子>

蛋白質 <https://zh.wikipedia.org/wiki/蛋白质>

薑汁撞奶 <https://zh.wikipedia.org/wiki/薑汁撞奶>

四、薑先生與奶小姐的相遇~薑汁撞奶凝固的研究(42 屆台北市科展)

五、當薑汁遇上牛奶 中華民國第 57 屆科學展覽

六、黃美如(民 86) 生薑蛋白酶之配置與生化特性之探討 台大碩士論文

七、一個科學探究的專題研習：薑汁撞奶 (林文輝等) 香港中文大學

八、冯敏，唐春红 (2008)，生姜蛋白酶的研究概述，《中国食品添加剂》第 6 期，58-60。

捌、心得感想

這次的實驗，感謝老師們細心安排，讓我們每一次的實驗都十分充實有趣，更感謝在實驗室幫忙的大哥哥和大姐姐，常常在我們不知所措時，給予我們正確的指導。在這次的研究中，我們發現奶精不是什麼營養的食品，用奶精水做成的薑汁撞奶不但不會成功，用電泳分析時，更發現裡面只有一點點的蛋白質，離心後，上面還飄著一層厚厚的不知名的物質，可想而知，對我們身體的負擔有多大了吧！也因為這個實驗，當我去飲料店買奶茶時，再也不敢再買奶精泡的奶茶了。這是我第一次做實驗，原來做實驗是如此的有趣，不但學到了許多新的知識與方法，也學到了一項新專長—製作薑汁撞奶，如果以後還有機會參加科展，我一定不會放過！

【評語】 080215

本研究探討薑汁撞奶會產生的原因，發現凝固是牛奶中的酪蛋白與薑汁蛋白酶發生反應的結果，研究發現不是每一種薑都能與酪蛋白產生凝固反應，薑汁蛋白酶含量才是關鍵。薑汁蛋白酶活性會受到高溫破壞，種植年份越久的薑，薑汁蛋白酶含量越多，產生凝固反應時耐熱溫度越高。經由詳細的實驗設計，應是印證已知薑汁撞奶的形成機制，並無太多新的資訊，但仍算是有深度的研究；也建議與文獻做比較，交代研究的結果與過去的研究結果有何不同或相同處。

摘要

薑汁撞奶會產生凝固是**牛奶中的酪蛋白與薑汁蛋白酶發生反應，酪蛋白濃度需要達到10%以上才會形成完整的塊狀凝固**。乳清蛋白具有較高的熱敏感性，**牛乳加熱產生的奶皮，推測可能是乳清蛋白。奶精蛋白質含量很少，離心後在溶液上方有類似脂肪的物質，易造成身體的負擔。脂肪含量會影響薑汁撞奶，少了脂肪便少了疏水性，不容易形成凝固**。不是每一種薑都能與酪蛋白產生凝固反應，薑汁蛋白酶含量才是關鍵。**薑汁蛋白酶活性會受到高溫破壞，耐熱溫度約60℃以內；種植年份越久的薑，薑汁蛋白酶含量越多，產生凝固反應時耐熱溫度越高。發芽的薑仍具有薑汁蛋白酶，新芽如同嫩薑，幾乎沒有薑汁蛋白酶。將製作順序顛倒，把薑汁倒入牛奶中不會有明顯的凝固情形。**

研究目的

- 一、究竟是**牛奶中的哪一種蛋白質與薑汁作用而凝固？**
- 二、探討**奶粉和奶精的差別**，使用奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？
- 三、探討**蛋白質的濃度是否會影響薑汁撞奶的形成？**
- 四、探討**脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？**
- 五、探討**薑汁如何影響薑汁撞奶的凝固作用？**
- 六、**製作順序改變，是否影響薑汁撞奶的凝固作用？**

研究器材

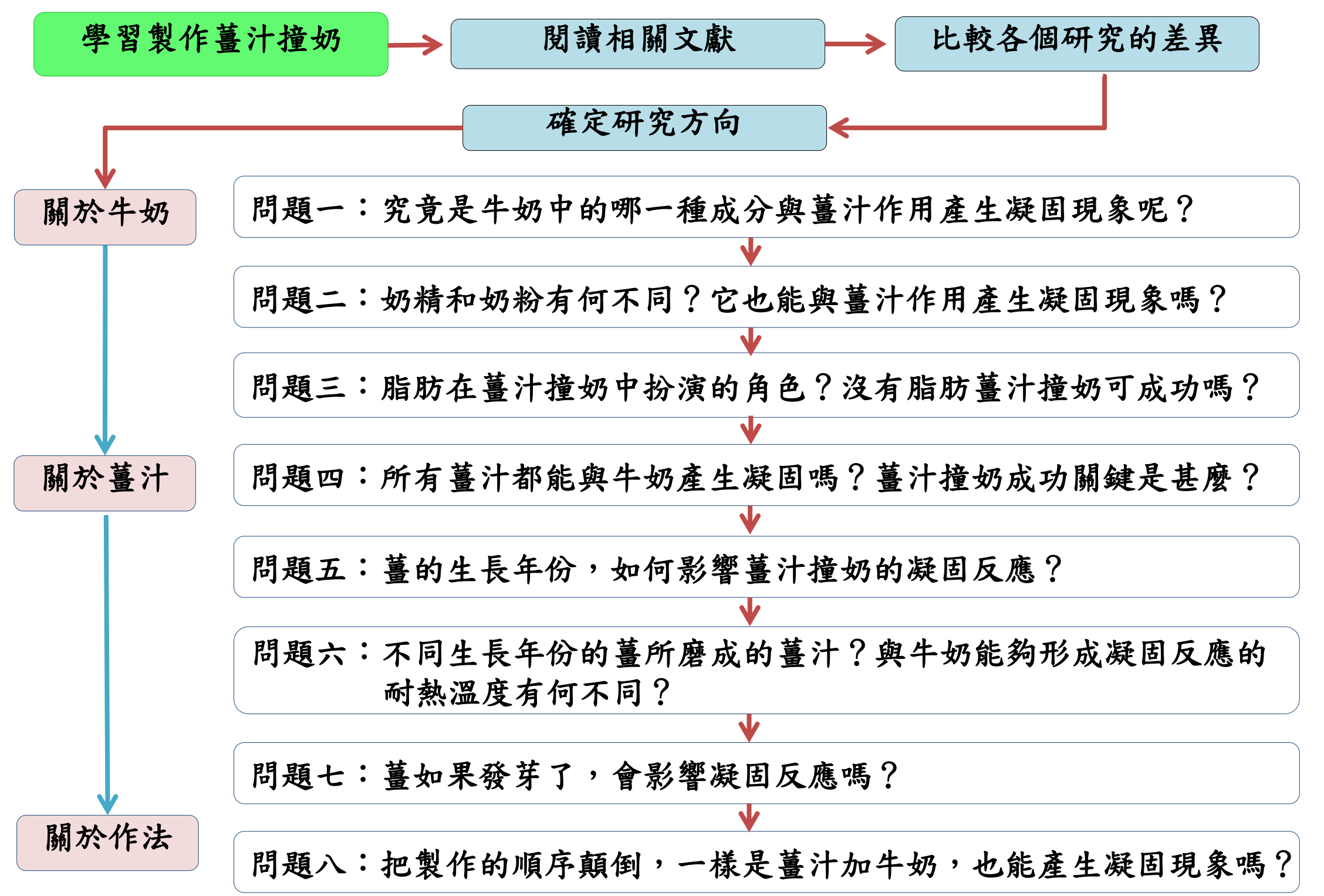
- ❖ 研究材料：
脫脂奶粉、低脂奶粉、全脂奶粉、老薑、酪蛋白粉、乳清蛋白粉、蛋白質染劑、退染劑、鮮奶、奶精、奶油球、豆漿、煉乳、手套、碎冰、透光紙、糖果、糖、鹽。
- ❖ 研究器材與設備：
顯微鏡、震盪器、瓦斯爐、微量吸取器、分光光度計、恆溫水槽、高速離心機、離心管、電子天平、比色管、離心管、純水、蛋白質標準品、電泳膠片、蛋白質膠體電泳系統、湯匙、電子天平、大小量筒、磨汁機、燒杯、篩網、溫度計、小茶杯、鍋子、試管架。

文獻探討

- 一、蛋白質是什麼？
蛋白質是大型生物分子，是由一個或多個胺基酸組成。相鄰胺基酸殘基的羧基和氨基通過肽鍵連接在一起，經過適當的折疊後形成特定的天然結構。蛋白質是地球上生物體中的必要組成成分，參與了細胞生命活動的每一個進程。**具有催化化學反應之生物活性的蛋白質稱為：酶**，對於生物體的代謝作用非常重要。
- 二、牛乳中的蛋白質

文獻中報導**每100毫升的鮮牛奶大約含有約3.1公克的蛋白質。牛奶中的蛋白質中20%是乳清蛋白，另外80%是酪蛋白**；人乳中的蛋白質中60%是乳清蛋白，40%是酪蛋白。酪蛋白被稱為緩慢吸收型蛋白質，乳清蛋白則稱為快速吸收的蛋白質。由於組成特性不同，酪蛋白進入強酸的胃中會成為固體，在接下來的數個小時內供身體吸收。而乳清蛋白被譽為健身大師，它能夠非常快速的消化，並且直接替肌肉提供非常好的蛋白質養分。

研究過程與結果



問題一：探討牛奶中的蛋白質成分與種類：奶粉也可以像鮮奶一樣成功製作薑汁撞奶嗎？究竟是牛奶中的哪種成分與薑汁形成凝固反應？

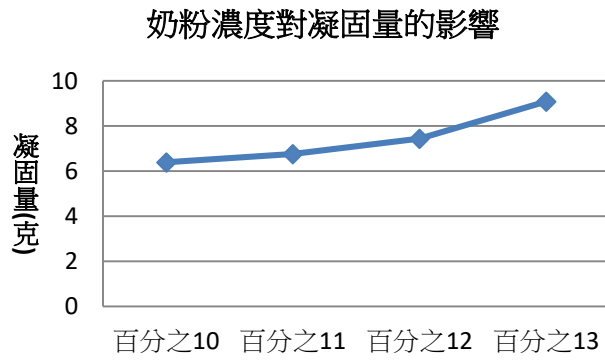
實驗(一)：奶粉濃度對於薑汁撞奶的影響。

- ※說明：
- 1.傳統的薑汁撞奶使用的是鮮奶，但**鮮奶所含的水份我們無法得知，為了讓研究更有準確性，我們採取粉末狀的奶粉，調成相同比例來進行實驗分析**。但究竟要調成多少濃度的奶水，薑汁撞奶才會成功呢？我們首先進行濃度的實驗。依據去年學姐的實驗結果顯示，薑汁與牛奶比例為1：6~1：60都可以使薑汁撞奶成功，1：15則兼具大眾化口味與成功性，因此**本研究的薑汁撞奶皆以1：15來進行。**
 - 2.對於反應結果表面上看來不成功，呈現液狀的，我們認為**可能有些凝固存在液體當中，因此也加以離心測量凝固物的重量做比較。**

※結果：

牛奶濃度 結塊與否	10%	11%	12%	13%
1	x	x	○	○
2	6.47	6.73	7.33	8.67
3	6.22	6.85	7.15	9.58
3	6.47	6.70	7.84	9.01
平均	6.387	6.760	7.440	9.087
描述	非常稀，不成功。	非常稀，不成功	有結塊的現象，但仍有水分。	結塊較明顯

- ※發現：
- 1.以全脂奶粉沖泡的牛奶，**要12~13%濃度才能有明顯的凝固現象。濃度越高，凝固物的重量越多。**
 - 2.雖然10%、11%看起來不太有結塊的情形，但離心起來仍有些微的沉澱。
- ※推論：**牛奶的濃度要足夠，否則無法與薑汁發生反應而凝固。**



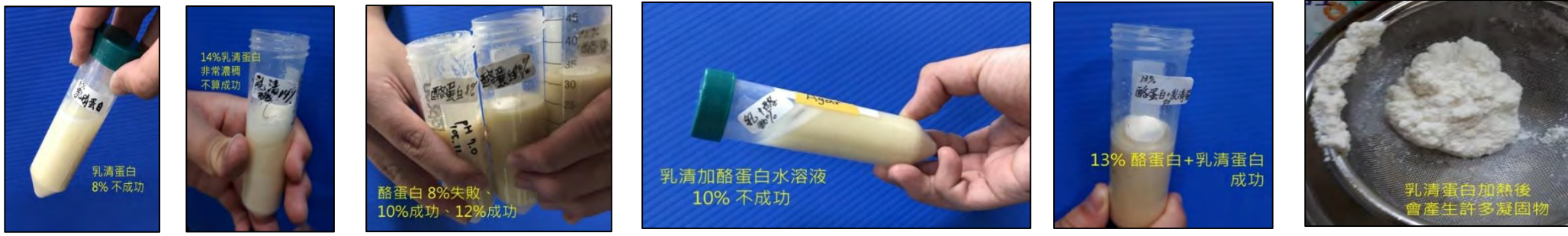
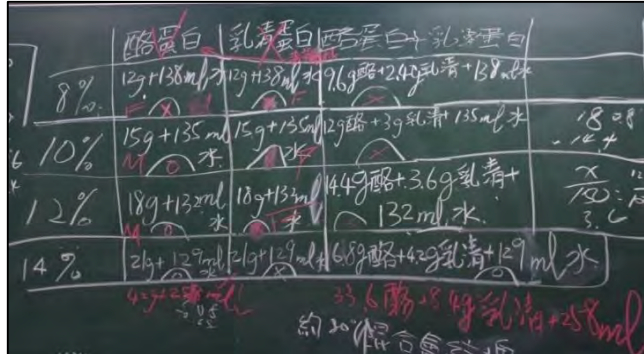
實驗(二)：究竟是牛奶中的哪一種蛋白質與薑汁作用而凝固呢？

根據資料蒐集，我們了解**牛乳中的蛋白質主要包括乳清蛋白與酪蛋白，其中，酪蛋白約佔了牛奶蛋白80%，乳清蛋白則佔了約20%**。我們想知道究竟薑汁中的蛋白酶，是與牛乳中的乳清蛋白或是酪蛋白起反應，產生薑汁撞奶的凝固現象？於是買了市面上可以購得的乳清蛋白和酪蛋白，進行下面的實驗。因為牛奶中的酪蛋白約佔80%，剩下的約為乳清蛋白與微量的其他物質，於是酪蛋白+乳清蛋白混合的溶液，我們也比照牛奶中蛋白質的成份（80%酪蛋白，20%乳清蛋白）調配。



- ※實驗結果：
- （○：糖果浮在反應物上面，×：糖果沈入反應物中）

	酪蛋白	乳清蛋白	80%酪蛋白+20%乳清蛋白
8%	×	×	×
10%	×	×	×
12%	○	×	×
13%	○	×	○
14%	○	×	○



- 發現：
- 1.**酪蛋白的濃度10%以上時，加熱後與薑汁混合，可以產生凝固現象。**
 - 2.乳清蛋白加熱後經過過濾放入薑汁中，即使到14%與薑汁混合也不能成功。
 - 3.乳清蛋白+酪蛋白要13%以上才能成功。
 - 4.**乳清蛋白在約70℃時開始有結塊的狀況，90℃更多。**

- ※討論：我們發現當酪蛋白與乳清蛋白混合液達13%，可與薑汁撞奶發生凝固反應，此時酪蛋白的量，是接近純酪蛋白10%有明顯凝固時的量。
- ※推論：蛋白質中的**酪蛋白必須到達10%以上的濃度，才能與薑汁中的蛋白酶發生凝固反應。**

實驗(三)：以離心法精確量測凝固物的重量。

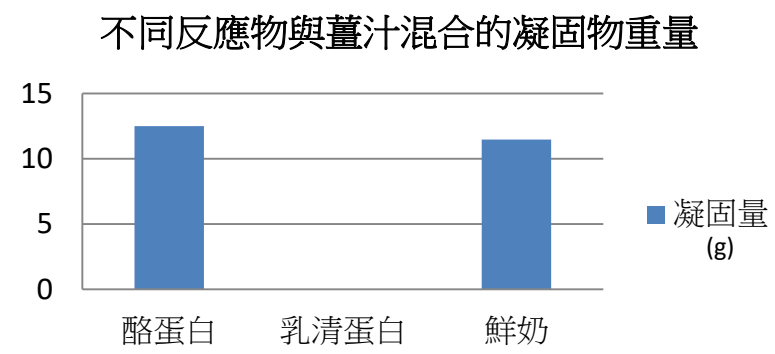
- ※說明：
- 從前面的實驗得知，酪蛋白在10%左右與薑汁反應能夠產生凝固的現象。我們想清楚知道其產生的凝固物的重量究竟有多少？與加熱的鮮奶產生的凝固物的重量有何不同？於是又接著進行下面的研究。

- ※方法：
- 1.調配10%的酪蛋白與乳清蛋白水溶液與各32.81c.c各三瓶。
 - 2.取32.81c.c鮮奶共三瓶。
 - 3.取2.19c.c的薑汁9份分別置於離心管中。
 - 4.鮮奶、酪蛋白、乳清蛋白溶液各三瓶共九瓶，放入水槽內加熱至75℃分別倒入薑汁中。
 - 5.靜置7分鐘後觀察其變化，並放入離心機中以8000轉轉20分鐘，去除上層液，測量總重量減去空瓶重，就是凝固物的重量。

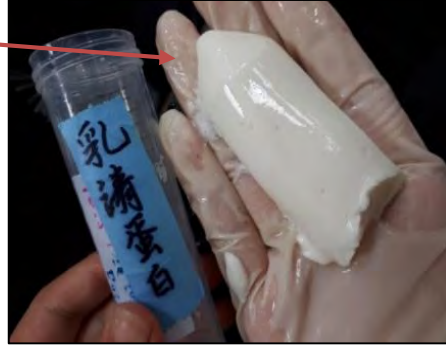


※結果：

	酪蛋白	乳清蛋白	鮮奶
1	12.5	X	11.4
2	12.9	X	11.5
3	12.1	X	11.5
平均凝固物的重量	12.50	X	11.47



- 註：乳清蛋白未加入薑汁前就已經凝固，因此無法進行反應。
- ※發現：
- 1.酪蛋白和鮮奶加熱到75℃時，與薑汁混合後其凝固物重量的多寡是酪蛋白>鮮乳。
 - 2.乳清蛋白在持續加熱超過75℃的過程中，取出時還沒跟薑汁混合已經變成凝固的狀態，所以無法再與薑汁做反應。



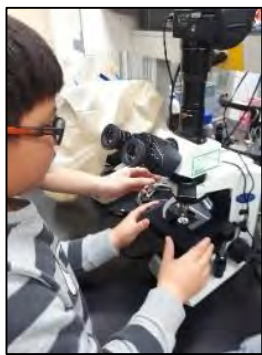
- ※推論：
- 1.薑汁撞奶之所以會凝固，的確是**酪蛋白與薑汁中的蛋白酶產生化學反應而造成。**
 - 2.**乳清蛋白具有熱敏感性，只要持續加熱70~80℃約十分鐘後，不用與薑汁混合，就會自己產生凝固的現象。**
 - 3.**鮮奶在加熱後常常會有奶皮的出現，我們推測是乳清蛋白加熱而造成。**

問題二：奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？深入探討奶粉與奶精蛋白質種類與濃度有何不同。

實驗(一)：奶粉與奶精外觀與氣味上有何不同？

方法：將奶精與奶粉以目測及放在顯微鏡下做觀察並記錄。

品項	全脂	低脂	脫脂	奶精
外觀				
顏色	乳黃色	淡黃色	淡白色	純白色
氣味	奶味濃	奶味濃	奶味淡	無奶味
放大400倍				
說明	顆粒最大，大多都黏在一起，一大顆帶一小顆。	顆粒小，會黏在一起，很難分開。	顆粒小，會黏在一起，很難分開。	散狀排列，顆粒很小且成散狀。



- 發現：
- 1.就顏色深淺來說，依序為：全脂>低脂>脫脂>奶精。
 - 2.就顆粒大小來說，依序為：全脂>低脂=脫脂>奶精。
 - 3.就味道來說，**三種奶粉都有牛奶味，奶精則沒有。**

實驗(二)：探究奶粉與奶精的蛋白質濃度有何不同？

- ※實驗說明：
- 1.為了深入了解奶精和奶粉的蛋白質濃度有何不同，我們在師長的指導下，進行以下的實驗，並做研究方法的說明。
 - 2.原理說明：蛋白質濃度的測量
基本原理：
(1)比爾-朗伯定律：**當單色光通過溶液時，溶液之吸光度與溶液之濃度成正比。**
 $A=ebc$ A=吸光度，e=吸光常數，b=光徑，c=溶液濃度
(2)**物質的吸光度和濃度成正比**，但這個定律只限制在某一個濃度範圍之內。使用比爾定律必須選擇測定物質吸光曲線在直線區域才有效。
(3)一般光電比色計的吸光度介於0.1~0.75之間，測得之濃度最為精確。**若是吸光度過高，則測試溶液必須稀釋，至有效吸光度為止。**

2.蛋白質染色法基本原理

蛋白質和蛋白質染劑與鹼性胺基酸形成紫色物在595nm的吸光度可以有效用來作

10~100μg/ml蛋白質的定量。它所需要反應的時間約是5~10分鐘之間，呈色之後要在20分鐘之內觀察。

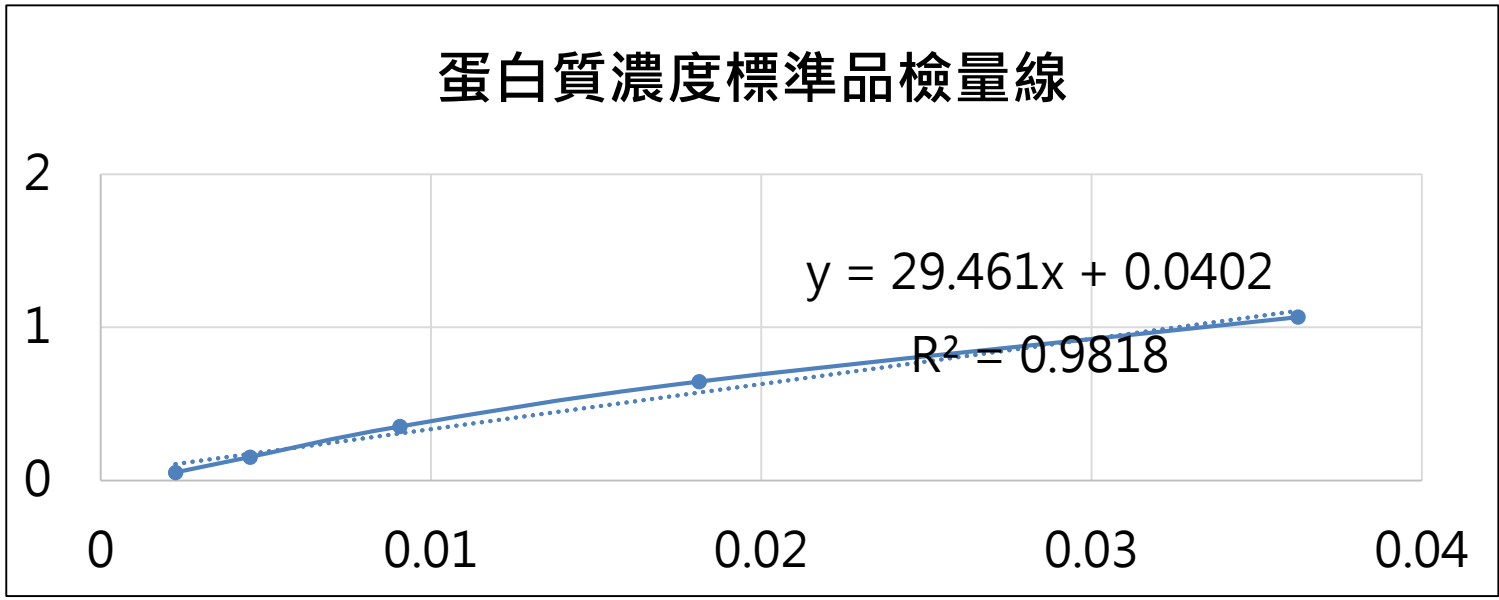
※實驗步驟：

(一)以蛋白質標準品製作檢量線：

- 1.將蛋白質標準品 (1.45mg/ml) 以1倍、2倍、4倍、8倍、16倍及32倍連續稀釋。
- 2.先將微量離心管分別加入780μl、400μl、400μl、400μl、400μl的去離子水
- 3.取20μl稀釋過的蛋白質標準品與780μl去離子水混合，可得到800μl溶液(1X)。
- 4.從800μl溶液(1X)，取400μl溶液至第二管，得到800μl溶液(2X)以此類推。
- 5.取400μl 去離子水加100μl蛋白質染劑為空白對照組，其他樣品也加入100μl的蛋白質染劑。
- 6.根據稀釋的蛋白質標準品及空白對照組在波長595nm處的吸收值，以電腦繪出檢量線。
- 7.將待測的蛋白質至OD595值在標準取線範圍內以內差法計算出濃度。

※實驗結果：

	蛋白質濃度	吸光值
1x	0.03625	1.067
2x	0.018125	0.646
4x	0.0090625	0.352
8x	0.0045312	0.153
16x	0.0022655	0.052



(二) 奶粉與奶精的吸光值與蛋白質濃度

- 1.將奶精、全脂、低脂、脫脂奶粉水以13%的濃度調配 (6.5g待測物+43.5ml水)
- 2.將樣品取出20μl並加入780ul的去離子水 (稀釋40倍)
- 3.再取出10μl並加入790μl的去離子水 (再稀釋80倍，使成為3200倍)
- 4.加入100μl的蛋白質染劑
- 5.用微量滴管吸取900μl滴入比色管
- 6.放入分光光度計，測得吸光值，並帶入檢量線公式中計算出濃度。

※實驗結果：

	全脂奶粉	低脂奶粉	脫脂奶粉	奶精
吸光值	0.263	0.312	0.468	0.05
蛋白質濃度	24.2	29.5224	46.46656	1.06432

計算方法：

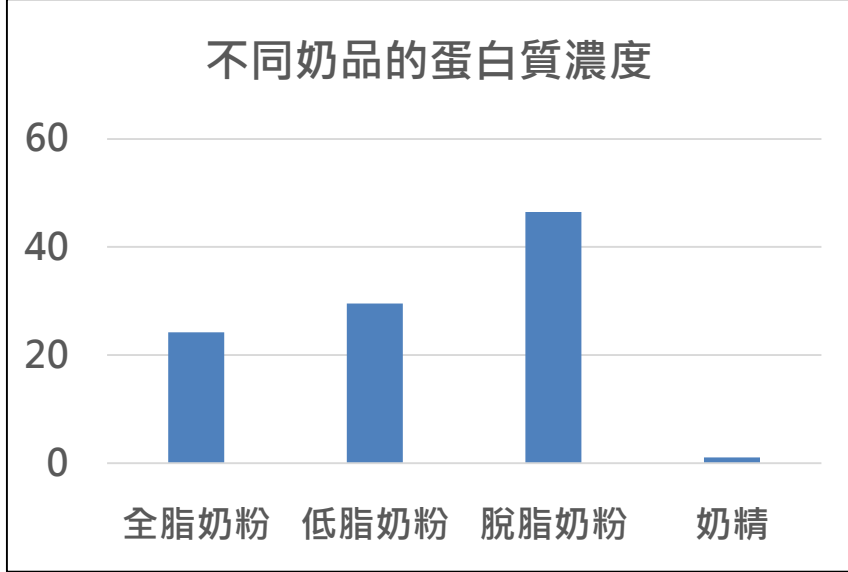
因為： $y = 29.461x + 0.0402$ 吸光值是y 濃度是x

所以： (吸光值- 0.0402) / 29.461=濃度

以全脂奶粉來說： $0.263 - 0.0402 / 29.461 = 0.0075625$

前面稀釋40倍，又稀釋80倍，總共是3200倍，要再乘回去：

所以是： $0.0075625 * 40 * 80 = 24.2$



※ 發現：

- 1.奶粉與奶精的蛋白質濃度依序為：脫脂奶粉>低脂奶粉>全脂奶粉>奶精。
- 2.當稀釋為3200倍時，很明顯的奶精的顏色與蛋白質標準品接近，也就是吸光值趨近於0，代表奶精的蛋白質濃度非常低。

※討論：出乎意料，蛋白質濃度竟然是脫脂奶粉比低脂和全脂高！為了求證這樣的結果，我們找了奶粉製造過程的資料，內容如下：

脫脂奶是怎麼做出來的？

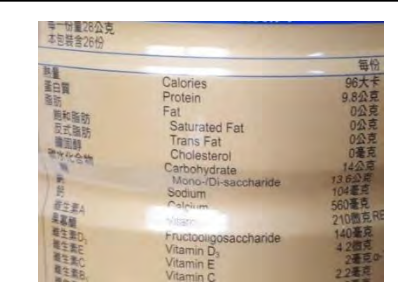
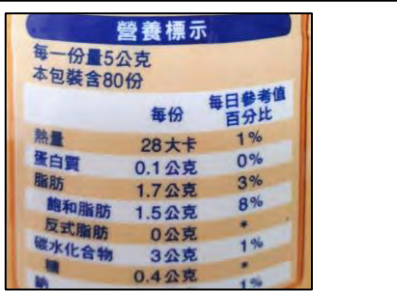
剛從奶牛擠出來的牛奶叫做生牛奶，生牛奶的脂肪含量約為3.1%左右。生牛奶含有細菌，並不能直接喝。經過殺菌和均質之後，就得到了我們平常喝的全脂牛奶。

那麼，脫脂牛奶和低脂牛奶是怎麼做出來的呢？其實很簡單。生牛奶是不穩定的，只需靜置就可以分層，牛奶中的脂肪會浮到表面來。牛奶廠將牛奶進行離心，就可以非常方便地分離出乳脂（奶油）。去掉奶油的牛奶就是脫脂牛奶。

而只要將去掉的那些奶油重新加回到脫脂牛奶中，並進行「均質」的步驟，讓脂肪微粒更小，均勻分散在牛奶中，我們就得到了「低脂牛奶」。低脂牛奶中具體加多少奶油就跟產品有關了，一般 1% 到 2% 都是比較常見的。

在脫去脂肪後，有的物質減少了，也有的物質增加了。減少的物質主要是脂肪。（注意，除了脂肪本身以外，一些脂溶性的維生素，比如：維生素A、維生素E和胡蘿蔔素，也隨著脂肪一起被除去了）。但是，從另一個角度來看，除去了脂肪，就相當於濃縮了牛奶中其他的物質。所以在等量牛奶相互比較的情況下，脫脂牛奶的蛋白質、糖類和一些微量元素（鉀、鈣等）都會稍微增加一些。

依據上述資料，從牛奶製程看來，脫脂奶粉是比全脂奶粉的蛋白質含量還高的，而低脂又比全脂蛋白質含量還高出一點。為了進一步佐證，我們又仔細觀察奶粉外包裝的營養標示：（說明：全脂奶粉的標示是每一份275毫升含蛋白質8.5公克。經過電話詢問廠商，275毫升的奶水是由36公克的奶粉泡成，因此換算如下表：

全脂奶粉	低脂奶粉	脫脂奶粉	奶精
			
全脂奶粉的營養標示： 每36公克含有8.5公克的蛋白質 全脂奶粉蛋白質濃度： $8.5 / 36 * 100\% = 23\%$	低脂奶粉的營養標示： 每30公克含有9.3公克的蛋白質 低脂奶粉蛋白質濃度： $9.3 / 30 * 100\% = 31\%$	脫脂奶粉的營養標示： 每28公克含有9.8公克的蛋白質 脫脂奶粉蛋白質濃度： $9.8 / 28 * 100\% = 35\%$	奶精的營養標示： 每5公克含有0.1公克的蛋白質 奶精的蛋白質濃度： $0.1 / 5 * 100\% = 2\%$

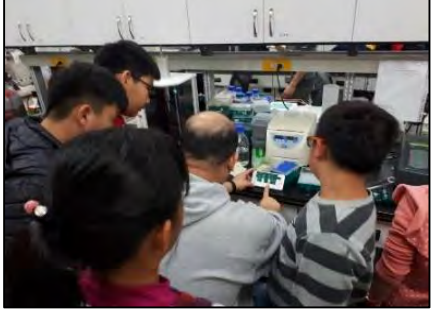
※推論：從分光的濃度實驗與資料顯示，奶精的蛋白質含量比三種奶粉少很多，基本上是沒甚麼營養價值的。

實驗(三)：奶粉與奶精中蛋白質種類有何不同？牛奶中的兩個主要蛋白質成分乳清蛋白 與酪蛋白可以看得到嗎？

※實驗說明：了解奶粉和奶精中的蛋白質濃度的不同後，我們想進一步了解其蛋白質的種類是否也不一樣，經過討論，我們也在師長指導下，進行電泳的實驗分析。

(一)SDS蛋白質膠體電泳原理：

SDS膠體電泳法為分析蛋白質分子常用的研究方法之一，主要用來分析蛋白質次單位與其分子量大小。SDS是一種具有負離子的介面活性劑，它的分子以及碳氫長鏈可以與蛋白質分子進行結合，而成為蛋白質與SDS的複合物，此帶有大量負電荷的複合體在電泳的電場中向正極移動，移動速度由分子量來影響。SDS同時也是一種很強的解離劑，將蛋白質加入SDS與還原劑後加熱，可破壞分子內的雙硫鍵，把蛋白質的次單位分開，再進行SDS膠體電泳，即可用來研究蛋白質的次單位及其分子量。



※實驗步驟：

- 1.我們將購買來的電泳膠片固定在電泳槽，並加入SDS電泳緩衝液。
- 2.取適量的樣本 (約5~10 μL)，加入同體積之樣本緩衝液，混合均勻後於90℃中煮2分鐘，放在冰浴冷卻1分鐘後震盪10秒，以微量吸取器小心的注入膠體中的樣本槽，並避免氣泡的產生。
- 3.取蛋白質標準品約2 μl，作為蛋白質分子量參考的依據。
- 4.將電泳槽上部的蓋子蓋上，確認正負極裝置正確，連接上電源供應器，定電壓以100~150 V，電流50mA進行電泳，約60分鐘完成。
- 5.待紅色的電泳前導線跑出膠片外前，關掉電源，取出膠片中的膠體，進行染色。
- 6.染色約10分鐘，退染約分鐘，即可看到蛋白質在膠片上的位置及對應的分子量。



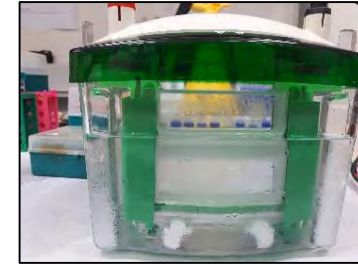
染色樣品



裝入膠片



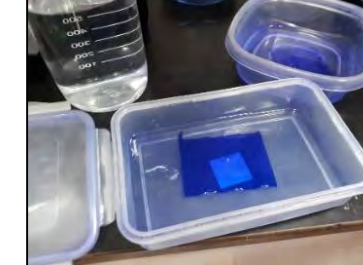
注入樣品



開始電泳

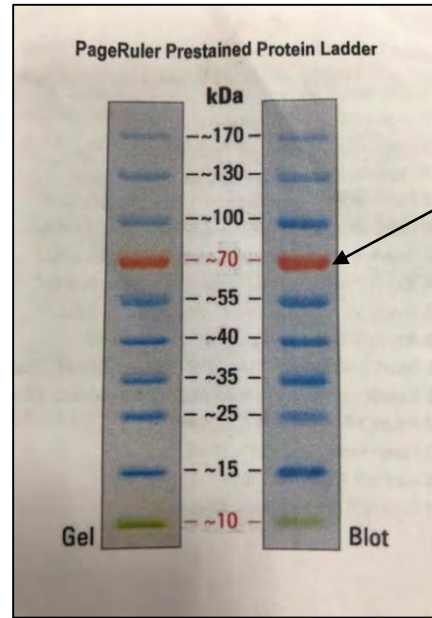


拆除膠片

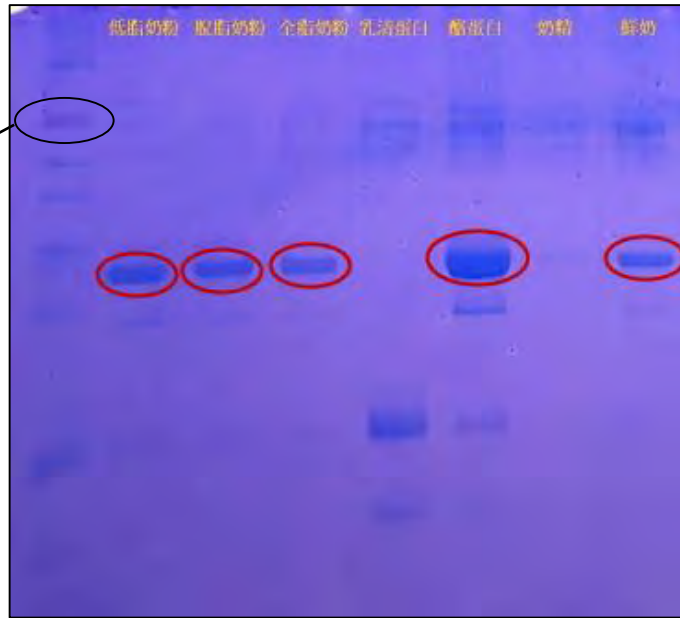


染色褪色

結果：



電泳膠片分子量標準對照表



三種奶粉、鮮奶、酪蛋白、乳清蛋白與奶精的電泳結果

※說明：由於我們的電泳膠片是購買現成的，廠商提供了電泳膠片分子量的標準對照表，最左邊的是測定時電泳膠片的分子量標準，顏色較淺的那條對應過去是分子量70。

※討論：

分子、分子量是甚麼呢？

分子是一種構成物質的粒子，呈電中性、由兩個或多個原子組成。而原子是元素能保持其化學性質的最小單位。分子量代表甚麼意思呢？老師說**分子量是組成原子的質量，分子量如同是它們的體重一樣，分子量越大的越重，跑不遠(在膠片的較上方)；分子量越小的越輕，會跑得比較遠(在膠片的較下方)。**

※發現：

- 1.從電泳結果圖看來，低脂奶粉、脫脂奶粉與全脂奶粉，甚至是鮮奶，他們的分子量都與酪蛋白接近，大約在25-35之間，接近30的地方，因此我們可以判斷：**低脂奶粉、脫脂奶粉、全脂奶粉、鮮奶，所含的營養成分皆以酪蛋白居多。**
- 2.乳清蛋白的分子量約在15和25之間，接近16、17左右(分子量較小)；其蛋白質的種類與酪蛋白完全不相同。
- 3.奶精分子量較大，大約是70左右，在分子量25-35那個區塊，有淡淡的一條痕跡，**代表奶精只有微量的酪蛋白。**

※推論：**三種奶粉與鮮奶的營養成分是以酪蛋白為主，奶精的酪蛋白含量非常少。**

研究三：探討影響薑汁撞奶形成的因素。

實驗(一)：不同的薑汁溫度會影響薑汁撞奶的情形嗎？如果把薑汁加熱，薑汁的溫度會影響薑汁撞奶的凝固情形嗎？

※說明：

- 1.過去的研究提到，牛奶的溫度越高（80℃~50℃皆可成功），所產生的凝固物越多。那麼薑汁呢？如果把薑汁加熱，其結果又是如何？
- 2.對於反應結果表面上看來不成功，呈現液狀的，我們認為**可能有些凝固物是存在液體當中，因此也加以離心測量凝固物的重量做比較。**

※步驟：

- 1.將裝有32.81c.c鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶的溫度保持在80℃。
- 2.將裝有2.19c.c薑汁的離心管分別放在水浴槽中加熱至不同的溫度，降溫至27℃。
- 3.將加熱到80℃的鮮奶中倒入薑汁中，靜置7分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以8000轉轉20分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。
- 4.改變不同年份的薑塊重覆前面實驗。

三年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	11.42	11.21	10.95	10.88	10.15	10.91	10.23	9.62	3.42
2	11.23	11.32	11.21	10.99	10.70	10.52	10.54	10.12	3.12
3	11.56	11.32	11.15	11.02	10.35	10.41	10.31	9.20	2.83
平均	11.403	11.283	11.103	10.963	10.400	10.613	10.360	9.647	3.123

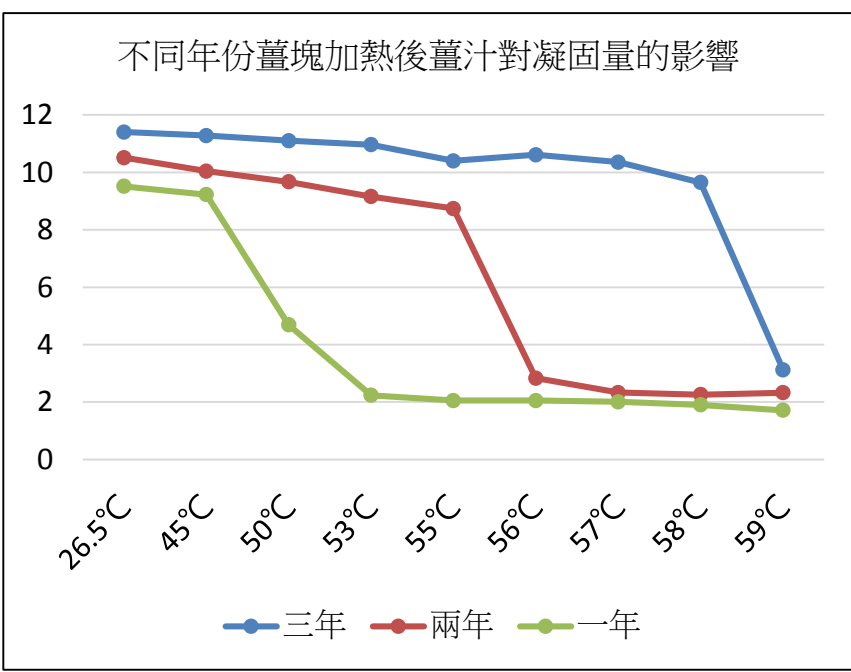
單位：g

兩年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	10.85	10.16	9.52	9.02	8.87	2.67	2.20	2.25	2.43
2	10.45	10.12	9.85	9.42	8.70	2.98	2.24	2.21	2.22
3	10.24	9.85	9.65	9.03	8.66	2.85	2.55	2.31	2.33
平均	10.513	10.043	9.673	9.157	8.743	2.833	2.330	2.257	2.327

單位：g

一年阿里山老薑 加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	9.41	9.21	5.03	2.09	2.05	2.12	2.1	1.85	1.52
2	9.52	9.25	4.38	2.43	2.08	2.01	1.98	1.97	1.86
3	9.62	9.21	4.65	2.19	2.03	2.02	1.94	1.89	1.75
平均	9.517	9.2237	4.687	2.237	2.0537	2.050	2.007	1.903	1.710

單位：g



※發現：

- 1.加熱不同年份的薑塊所榨成的薑汁，**種植年份越多的，能夠與牛奶反應的加熱溫度越高，所結成的凝固量也越多。**
- 2.薑汁加熱的溫度，在60℃以內才能夠與加熱80℃的牛奶形成薑汁撞奶。

※推論：

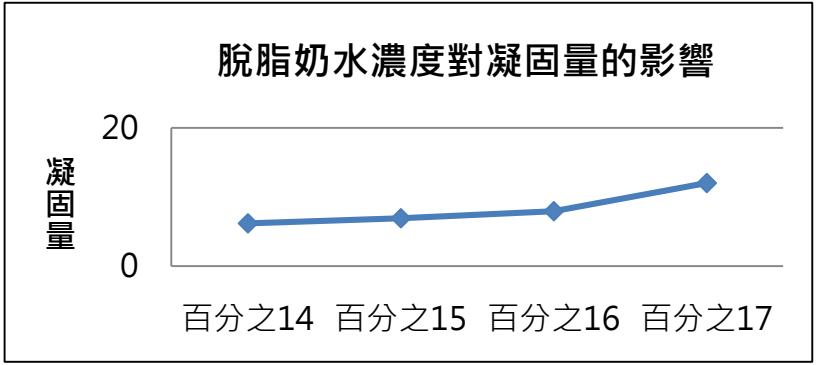
- 1.薑汁加熱後薑汁蛋白酶會受到破壞，通常在60℃以內才能與蛋白質進行反應。
- 2.我們猜測，種植年份月久，薑汁蛋白酶可能越多，所以凝固量會增加，加熱後與蛋白質產生凝固反應的耐熱溫度也越高。

實驗(二)：不同濃度的脫脂奶粉對薑汁撞奶的影響？

結果：

脫脂濃度	14%	15%	16%	17%
結塊與否	×	×	○	○
1	6.25 g	6.82 g	7.78 g	12.11 g
2	6.18 g	6.98 g	8.12 g	11.98 g
3	6.23 g	7.02 g	7.98 g	12.02 g
平均凝固量	6.220 g	6.940 g	7.960 g	12.037 g
描述	呈現液態目視沒有產生凝固現象	呈現液態目視沒有產生凝固現象。	呈現固態，但看起來仍有點稀，	呈現固態，感覺產生薑汁撞奶比較硬實。

※發現：脫脂奶水濃度必須從16%開始，才能有明顯的凝固現象。濃度越濃凝固物的重量越多。

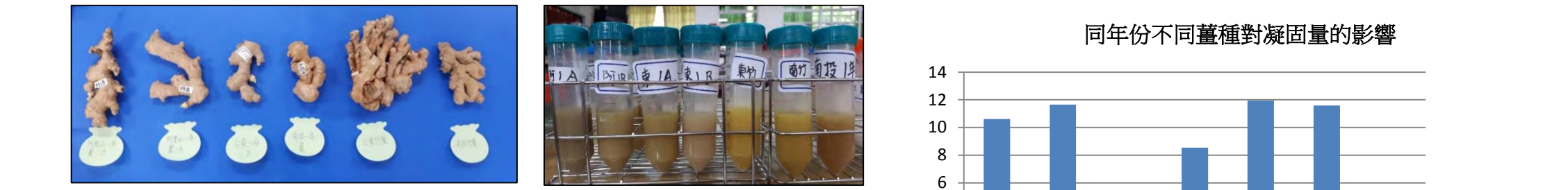


※討論：脫脂奶粉的蛋白質含量其實比低脂和全脂多，但為何需提供濃度與薑汁蛋白酶反應才能產生結塊現象？是否薑汁撞奶也跟脂肪有關，脫脂奶粉的脂肪量過低，導致相同濃度時，即使蛋白質濃度足夠也無法與薑汁蛋白酶作用產生凝固現象？而提高了濃度，脂肪量也提高，直到17%時才能形成結塊較成功的現象？文獻探討中提到疏水性的問題，我們推測是否少了脂肪就少了疏水性，因此影響薑汁撞奶的結果。

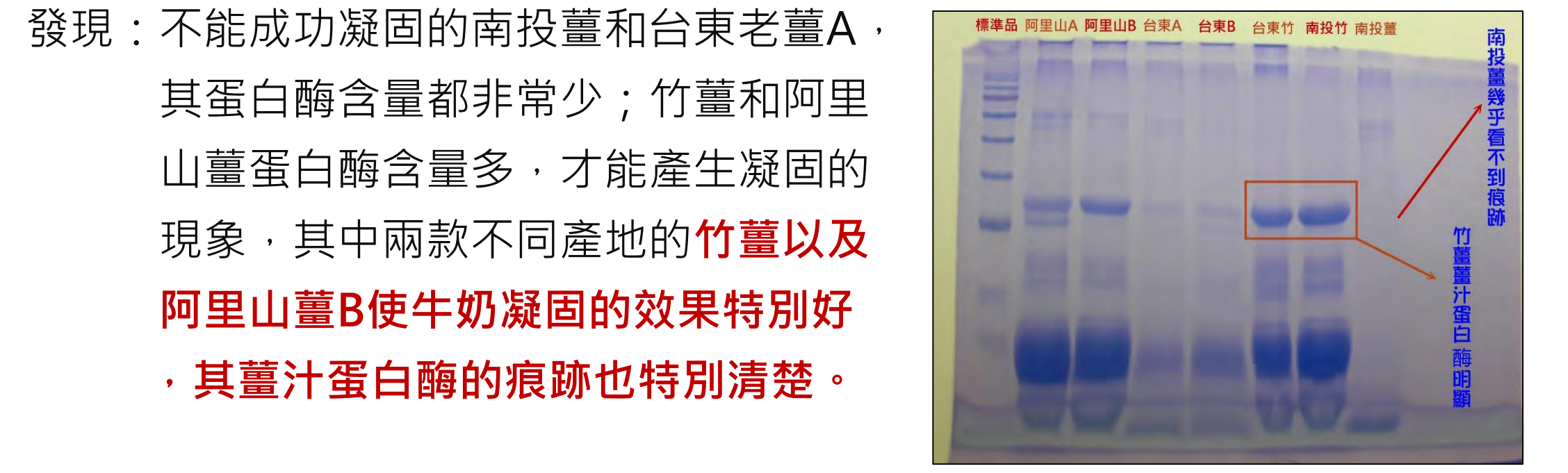
問題四：任何一種薑，都能使薑汁撞奶成功反應嗎？

實驗：改變不同的薑種，看看是否都能成功產生凝固反應？

不同薑種	阿里山薑A	阿里山薑B	台東薑A	台東薑B	台東竹薑	南投竹薑	南投薑
結塊與否	○	○	×	○	○	○	×
1	9.62 g	10.69 g	2.51 g	8.29 g	12.01 g	11.8 g	1.98 g
2	11.67 g	11.54 g	3.21 g	8.12 g	11.98 g	11.29 g	1.36 g
3	10.54 g	12.73 g	2.85 g	9.21 g	11.85 g	11.69 g	1.86 g
平均凝固量	10.610 g	11.653 g	2.857 g	8.540 g	11.947 g	11.593 g	1.733 g



發現：(一)除了台東A和南投薑外，都能成功凝固。(二)阿里山B、台東竹薑、南投竹薑凝固效果最好。討論：明明都是一年的老薑，為何有的可以成功凝固，有的卻不行呢？為了進一步知道結果，我們進行電泳的實驗來找答案：



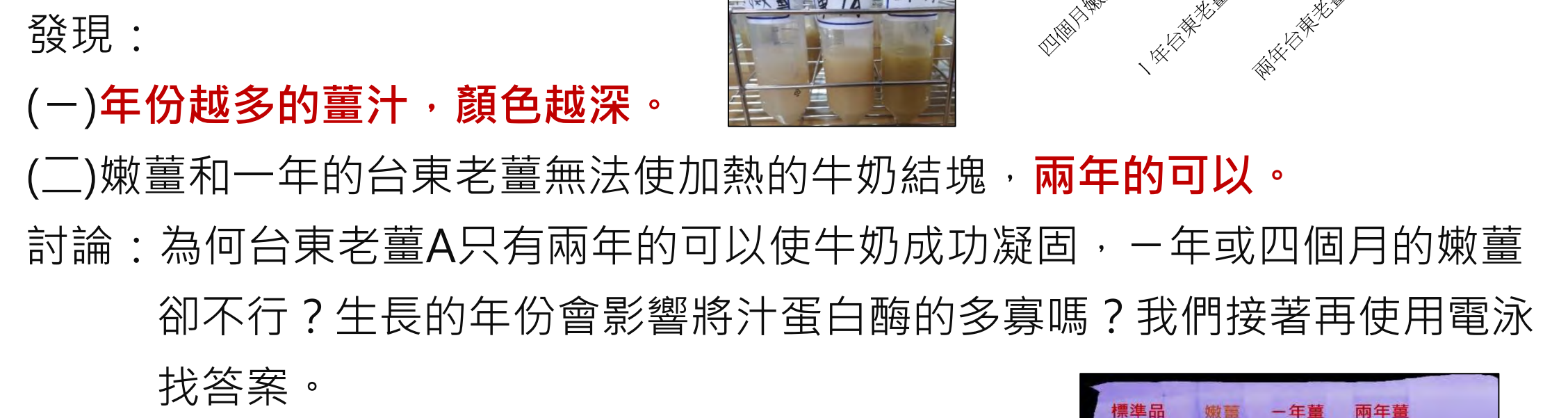
推論：並不是每一種老薑都能與牛奶產生凝固反應，要看其薑汁蛋白酶的含量夠不夠。含量越多，凝固效果越好。因此，薑汁蛋白酶含量是決定薑汁撞奶能否成功的重要因素。

問題五：薑的生長年份如何影響薑汁撞奶的情形呢？

實驗：改變不同年份的薑塊，看看是否都能成功產生凝固反應？

結果：

不同年份薑塊	四個月嫩薑	一年台東老薑A	兩年台東老薑A
結塊與否	×	×	○
1	1.92 g	2.51 g	9.93 g
2	1.85 g	3.21 g	10.01 g
3	1.77 g	2.85 g	9.85 g
平均凝固量	1.847 g	2.857 g	9.930 g



發現：(一)年份越多的薑汁，顏色越深。(二)嫩薑和一年的台東老薑無法使加熱的牛奶結塊，兩年的可以。討論：為何台東老薑A只有兩年的可以使牛奶成功凝固，一年或四個月的嫩薑卻不行？生長的年份會影響將汁蛋白酶的多寡嗎？我們接著再使用電泳找答案。

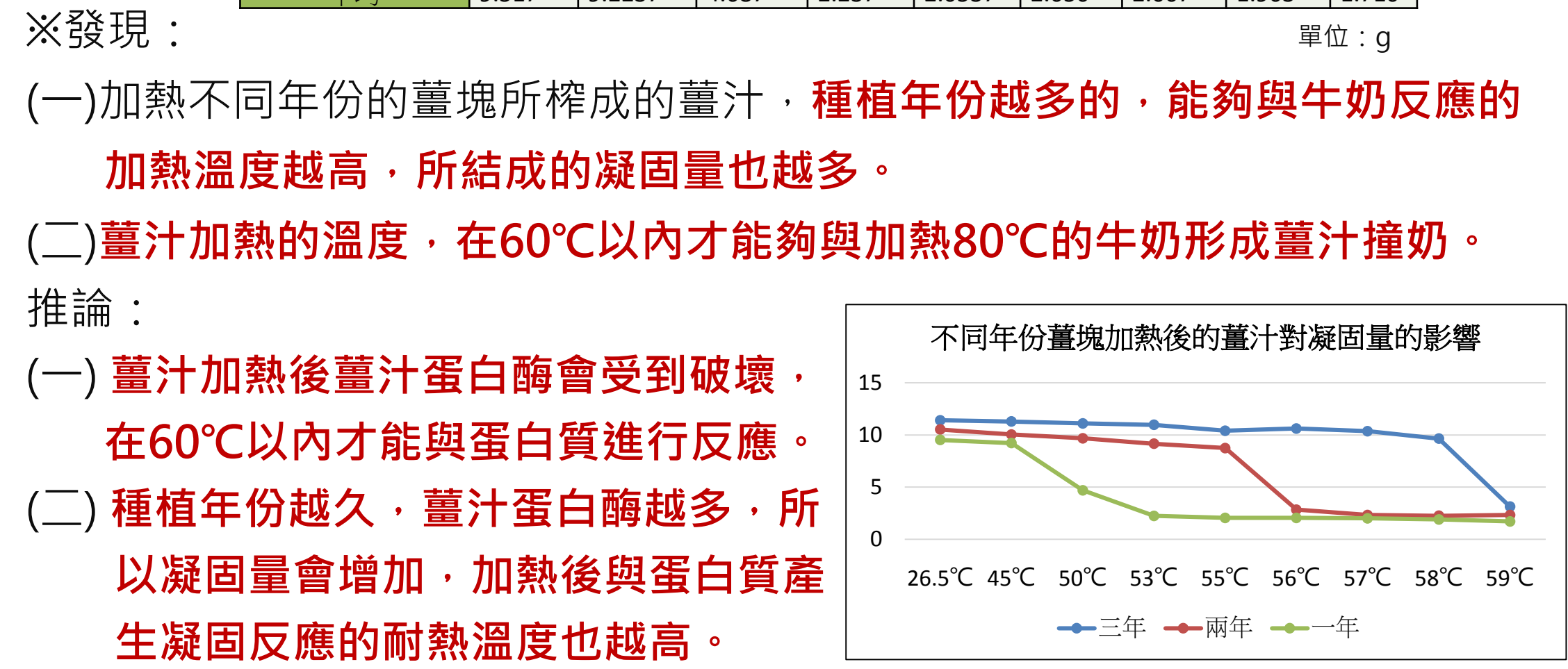


問題六：不同生長年份薑汁加熱後，如何影響薑汁撞奶的凝固情形呢？

實驗：將不同年份的薑汁加熱，看看如何影響凝固的情形？

結果：

三年阿里山老薑加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	11.42	11.21	10.95	10.88	10.15	10.91	10.23	9.62	3.42
2	11.23	11.32	11.21	10.99	10.70	10.52	10.54	10.12	3.12
3	11.56	11.32	11.15	11.02	10.35	10.41	10.31	9.20	2.83
平均	11.403	11.283	11.103	10.963	10.400	10.613	10.360	9.647	3.123
兩年阿里山老薑加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	10.85	10.16	9.52	9.02	8.87	2.67	2.20	2.25	2.43
2	10.45	10.12	9.85	9.42	8.70	2.98	2.24	2.21	2.22
3	10.24	9.85	9.65	9.03	8.66	2.85	2.55	2.31	2.33
平均	10.513	10.043	9.673	9.157	8.743	2.833	2.330	2.257	2.327
一年阿里山老薑加熱溫度	26.5℃	45℃	50℃	53℃	55℃	56℃	57℃	58℃	59℃
1	9.41	9.21	5.03	2.09	2.05	2.12	2.1	1.85	1.52
2	9.52	9.25	4.38	2.43	2.08	2.01	1.98	1.97	1.86
3	9.62	9.21	4.65	2.19	2.03	2.02	1.94	1.89	1.75
平均	9.517	9.2237	4.687	2.237	2.0537	2.050	2.007	1.903	1.710



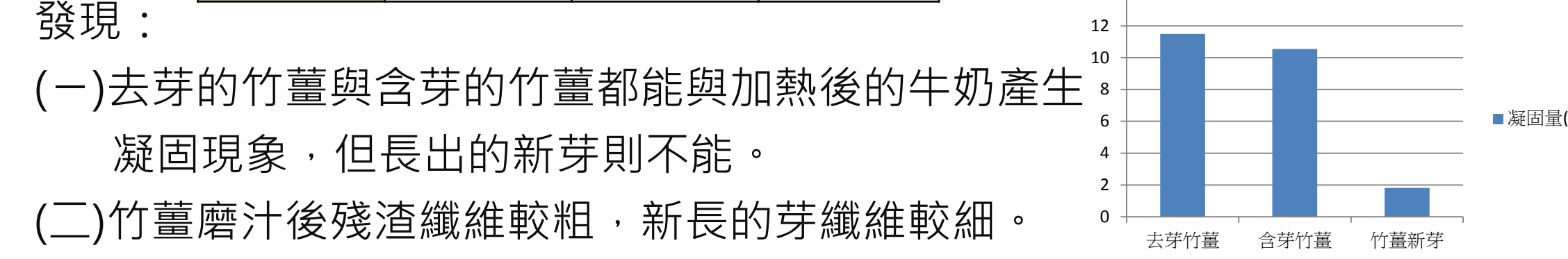
討論：當薑汁加熱到五十多度時，把80℃的熱牛奶倒下去，此時反應溫度大約是七十幾度，照理說，60℃時薑汁蛋白酶的活性應該已經被破壞了，但卻還能成功凝固。所以我們推測，真正影響薑汁撞奶成功凝固的關鍵，不是反應時的反應溫度，而是薑汁本身的蛋白酶活性是否還存在。

問題七：薑塊放久了會發芽，長出新芽的薑塊會影響與蛋白質反應的效果嗎？長出來的新芽也能成功反應嗎？

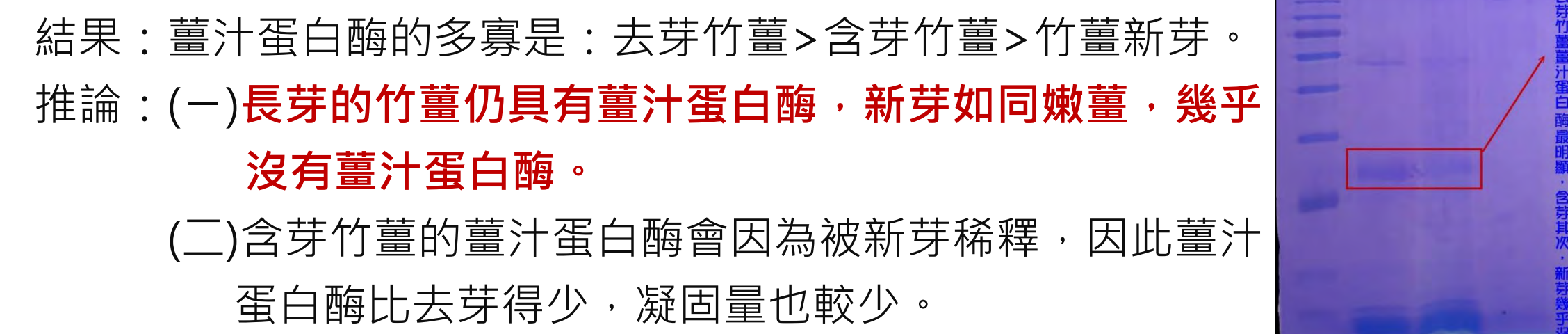
實驗：薑塊如果發芽，會影響薑汁撞奶的結果嗎？

※實驗步驟：(一)將裝有32.81c.c鮮奶的離心管放入水浴槽中加熱，使鮮奶溫度保持在80℃。(二)分別將長了新芽的南投竹薑做不同處理並磨成汁，量取2.19c.c至離心管中。(三)將加熱到80℃的鮮奶中倒入薑汁中，靜置8分鐘後，觀察其結果，並放入離心機以8000轉轉20分鐘，倒出上層液後，測量凝固物的重量。

不同薑種	去芽竹薑	含芽竹薑	竹薑新芽
凝固與否	○	○	×
1	11.25 g	10.77 g	2.01 g
2	11.48 g	10.63 g	1.76 g
3	11.73 g	10.24 g	1.70 g
平均	11.486 g	10.547 g	1.823 g



討論：新長出的芽，樣子有點像嫩薑，嫩薑的薑汁蛋白酶較少，所以無法使蛋白質產生凝固現象，真的是這樣嗎？我們接著以電泳來證明：

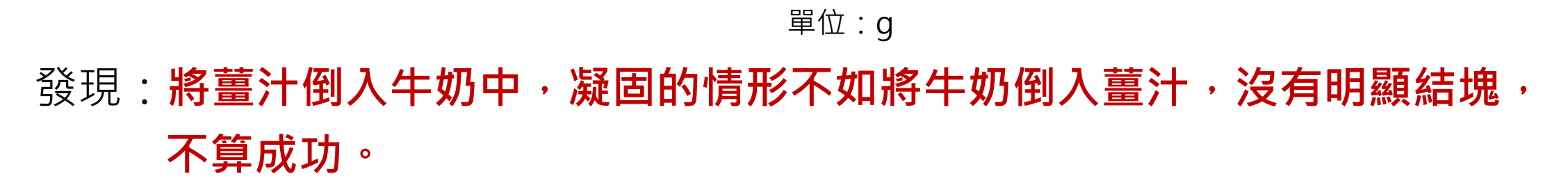


問題八：大家製作薑汁撞奶的方法都是將加熱的牛奶倒入薑汁中，那如果相反的是把薑汁倒入加熱的牛奶中，也能成功凝固嗎？

實驗(五)：如果將薑汁撞奶的製作順序改變，會影響實驗結果嗎？

結果：

	牛奶→薑汁	薑汁→牛奶
結塊與否	○	×
1	11.4	9.54
2	11.2	8.53
3	11.5	9.21
平均	11.37	9.090



結論

◆奶粉也可以像鮮奶一樣成功製作薑汁撞奶嗎？究竟是牛奶中的哪種成分與薑汁形成凝固反應？

(一)牛奶的蛋白質含量要足夠，否則無法與薑汁發生反應而凝固。以全脂奶粉沖泡的牛奶，要12~13%濃度才能有明顯的凝固現象。濃度越高，凝固效果越好。(二)薑汁撞奶之所以會產生凝固的現象，是因為蛋白質中的酪蛋白，與薑汁中的蛋白酶發生反應而造成。(三)蛋白質中的酪蛋白必須到達10%以上的濃度，才能與薑汁中的蛋白酶發生凝固反應。(四)乳清蛋白具有熱敏感性，只要持續加熱約70~80℃後，不用與薑汁混合，就會自己產生凝固的現象。鮮奶在加熱後常常會有奶皮的出現，我們推測是乳清蛋白加熱而造成。

◆奶精也可以用來製作薑汁撞奶嗎？深入探討奶粉與奶精中蛋白質種類與濃度有何不同。

(五)奶精無法使薑汁撞奶成功凝固，蛋白質含量比奶粉少很多，基本上沒甚麼營養價值。(六)奶精溶液經過離心後，發現底層凝固物很少，酪蛋白含量少，且上面有一層薄薄的白色的東西，我們猜測那可能是所謂的反式脂肪。所以奶精並非真正的牛奶，且恐怕對人體造成負擔，大家應儘量避免食用。(七)全脂、低脂、脫脂奶粉與鮮奶的營養成分是以酪蛋白為主，奶精的酪蛋白含量非常少。

◆脂肪是否影響薑汁撞奶的情形？

(八)脫脂奶粉蛋白質比較多，卻需要比較濃的濃度才能使薑汁撞奶成功結塊，應該是脂肪的含量也會影響薑汁撞奶的結果。(九)少了脂肪便少了疏水性，薑汁與牛奶的凝固作用就比較不容易產生。

◆任何一種薑，都能使薑汁撞奶成功反應嗎？

(十)並不是每一種老薑都能與牛奶產生凝固反應，薑汁蛋白酶含量是決定薑汁撞奶能否成功的重要因素。

◆薑的生長年份如何影響薑汁撞奶的情形呢？

(十一)薑汁蛋白酶會隨著生長年份增加而增加，與蛋白質產生凝固反應的效果也越好。

◆不同生長年份薑汁的經過加熱後，如何影響薑汁撞奶的凝固情形呢？

(十二)薑汁加熱後薑汁蛋白酶會受到破壞，通常在60℃以內才能與蛋白質進行反應。(十三)真正影響薑汁撞奶成功凝固的關鍵，不是反應時的反應溫度，而是薑汁本身的蛋白酶活性是否還存在。(十四)種植年份越久，薑汁蛋白酶越多，所以凝固量會增加，加熱後與蛋白質產生凝固反應的耐熱溫度也越高。

◆薑塊如果發芽，會影響薑汁撞奶的結果嗎

(十五)長芽的薑仍具有薑汁蛋白酶，新芽如同嫩薑，幾乎沒有薑汁蛋白酶。

◆將薑汁撞奶的製作順序改變，會影響實驗結果嗎？

(十六)將製作順序顛倒，把薑汁倒入牛奶中不會有明顯的凝固情形。