

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第三名

080206

蛋白質得來塑

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者： 小六 楊甸翌 小六 黃宇詳 小六 陳眉攸 小六 李君瑜	指導老師： 蔡佳錚 李孟娟
---	-----------------------------

關鍵詞：酪蛋白、大豆球蛋白、凝析現象

摘要

本研究探討以**高分子蛋白質**做為天然塑膠材料的可行性與差異性。主要探討不同來源蛋白質塑膠的萃取、性質與應用。蛋白質來源包含奶類的牛奶、羊奶等「**酪蛋白**」；豆類中的黃豆、黑豆等「**大豆球蛋白**」；蛋類中的雞蛋、鴨蛋等「**卵白蛋白**」。利用**酸劑凝聚沉降的原理**來萃取蛋白質。首先探討不同來源蛋白質的最佳萃取條件，包括溫度、加酸的比例、酸的種類和 pH 值。以自製透光度儀器判讀過濾液澄清晰度、過濾速度做為萃取成效的指標。結果發現**不同來源蛋白質的最佳凝析溫度和酸鹼值不同**、特性也不同。再以自製測量工具與 3D 列印鑄模，測試各種膠體固化前和固化的特性。最後依據各種膠體的特性，研發不同的用途，例如黏土、桌遊、積木、容器、薄膜等塑膠製品。

壹、研究動機

我們常看到過期牛奶和豆漿會有結塊分離的現象(如下圖)，那是一種酪蛋白，乾掉後很硬，在還沒有發明化學合成塑膠之前，人們使用它來替代象牙，做成飾品，是一種天然的蛋白質塑膠材料，於是我們聯想到**是否含蛋白質的物質**都可以萃取出蛋白質塑膠呢？於是我們針對奶類、豆類、蛋類的蛋白質進行研究。想了解哪些因素會影響蛋白質塑膠的萃取，並找出不同蛋白質塑膠的最佳萃取條件，進一步利用不同蛋白質塑膠的特性來發展可能的應用。期待能用天然的塑膠材料取代目前的塑膠產品，降低塑膠對環境造成的危害。



過期的奶茶、豆漿有結塊分離現象

貳、研究目的

一、探討不同來源蛋白質塑膠的最佳凝析條件

- 1 研究**加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值**對**奶類酪蛋白**凝析效果的影響
- 2 研究**加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值**對**豆類大豆球蛋白**凝析效果的影響
- 3 研究**加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值**對**蛋類卵蛋白**凝析效果的影響

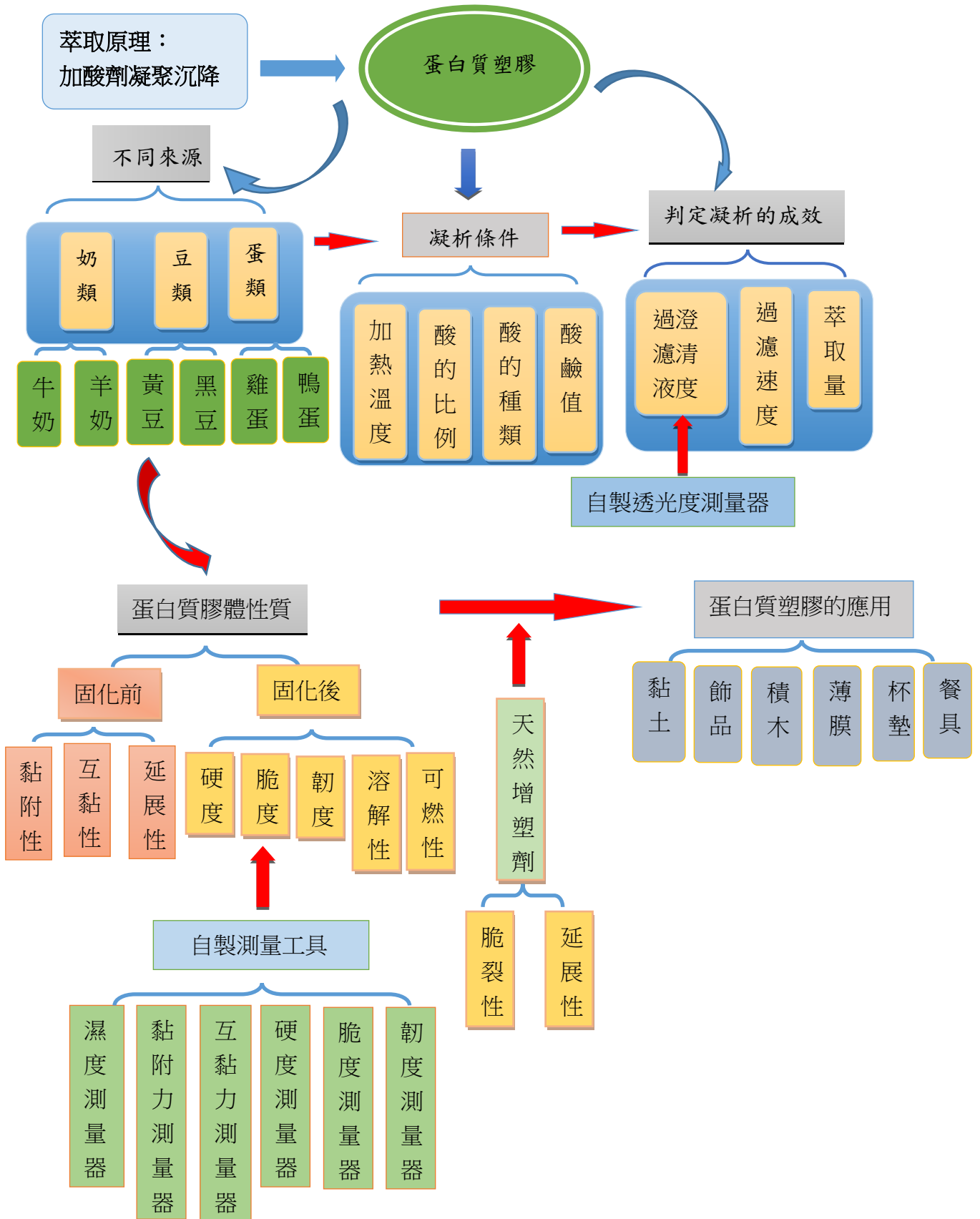
二、研究不同來源蛋白塑膠的性質

- 二-1 比較不同來源蛋白塑膠**固化前**的性質
- 二-2 比較不同來源蛋白塑膠**固化後**的性質
- 二-3 比較不同來源蛋白塑膠在**不同水溶液的溶解**情形
- 二-4 比較不同來源蛋白塑膠的**燃燒**情形

三、研究添加**增塑劑**對不同來源蛋白質塑膠成型的影響

四、研究不同來源蛋白塑膠的**應用**

參、研究架構圖



肆、研究原理

一、塑膠的定義與特性：

塑膠是一種高分子物質，也稱聚合物，是指具有巨大分子量的物質。塑膠具有良好的可擠壓性，可塑性，可延展性，質量輕、具有絕緣性和腐蝕抵抗性佳。存在於大自然的天然塑膠有琥珀、塗漆、蟲膠、酪蛋白膠。

二、不同來源蛋白質的種類：

1.酪蛋白(Casein)：

酪蛋白是以酪蛋白磷酸鈣酪合物以膠粒狀態存在於乳中，是哺乳動物奶中的主要蛋白質，奶中的乳白色就是酪蛋白造成的。酪蛋白是一種大型、堅硬、緻密、極困難消化分解的蛋白質凝析(curds)。

2.大豆球蛋白:豆類的主要蛋白。

3.蛋白卵蛋白: 卵蛋白是禽蛋中蛋白的組成成分。

三、製作蛋白質塑膠的原理---凝聚沉降(凝析)：

1.酪蛋白微球因表面帶有負電特性而互相排斥，以懸浮狀態存在於我們平時喝的牛奶當中。若在這些帶有負電荷而相斥的酪蛋白微球中加入酸性物質，因含 H^+ ，會中和酪蛋白微球間的負電荷，使其斥力減弱甚至消失進而造成凝集（即達蛋白質之等電點），最終呈現凝集沉澱現象。蛋白質變性後結構改變，原本互相分離的蛋白質分子互相凝聚成膠狀物如下圖：



2.等電點(pI)：在某 pH 之下蛋白質的靜電荷為零，此 pH 值稱為蛋白質的等電點(pI)。

不同蛋白質有不同的等電點，產生凝析現象的 pH 值也不同。

四、歷屆相關科展作品分析與本作品的特色和創新：

查閱歷屆相關作品有，第 58 屆國小組化學科「化腐朽為神漆」、第 57 屆國中組生活應用科「牛奶塑膠異世界」、第 56 屆國小組生活應用科「蛋」妝素抹 - 探討植物蛋白製作天然塗料之可行性、第 52 屆國小組化學科「百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討」分析後發現：

- 1.歷屆研究的蛋白質來源種類多針對牛奶、黃豆或穀物，本研究**增加蛋白質來源種類**如羊奶、人奶、黑豆、雞蛋、鴨蛋的蛋白質。
- 2.歷屆研究都以凝析量為結果變項，要等膠體乾了才能重量，比較耗時，而且乾溼程度不易控制。本研究**建立新的判定標準**，以**過濾液的澄清度**來判定凝析效果。
- 3.之前的研究多以蛋白質凝析物**固化前的膠體**作為膠水、塗料等應用。本研究延伸探討**固化後的膠體**性質與應用。

伍、研究設備和材料

一、實驗材料：

1. **不同來源蛋白質**：市售牛奶、市售羊奶、市售黃豆漿、市售黑豆漿、雞蛋、鴨蛋。

2. **不同酸劑**：鎮江香醋、糯米醋、白醋、壽司醋、冰醋酸、清醋。

二、**實驗儀器**：筆式酸鹼測量儀、計時器、電子秤、濕度測量儀、PM2.5 測量儀、3D 列印機。

三、**實驗器材**：錐形瓶、漏斗、咖啡濾紙、溫度計、燒杯(30mL、250mL、500mL、1000mL)、試管、試管架、玻棒、刮刀、滴管、針筒(6mL、10mL)、加熱鍋、比色管、水晶杯、量筒(10mL、50mL、100mL)、培養皿、方形盒、塑膠砝碼。

四、**實驗藥品**：酸鹼校正劑、雙氧水、氨水、漂白水、酒精。

陸、研究過程與方法

一、實驗設計：

本研究目的在於探討動物性奶、蛋類和植物性豆類的蛋白質作為塑膠原料的可行性與差異性，並探討不同來源蛋白質塑膠的性質與應用。

(一)、研究變項：

1. **操縱變項**：蛋白質來源、溫度、加酸的比例、酸的種類和酸的 pH 值。

在加入酸的部分，主要想了解影響蛋白質凝析作用的是醋的種類，還是醋的 pH 值。於是選定相同酸鹼值，不同種類的醋；以及相同種類的化學醋，調成不同酸鹼值的酸來進行探討，如下表：

不同種類的醋，包含相同 pH 值，不同種類的醋

分類	食用醋				化學合成醋	
種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋
pH 值	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5

相同種類的化學醋，調成不同 pH 值的酸

分類	化學合成醋(冰醋酸稀釋)				
pH 值	2	2.5	3	3.5	4

2. 結果變項：

(1). 蛋白質膠體的**最佳凝析效果**。判定方法：過濾液澄清度、過濾速度。

a. **過濾液澄清度**：以**自製光敏電阻**測定過濾液澄清度，作為判定凝析效果的指標。

b. **過濾速度**：紀錄前 30 秒的過濾量，量愈多表示蛋白質凝析效果愈好。

(2). 蛋白質塑膠的**性質**：自製測量工具測試**膠體固化前、後**的各項性質。

a. **膠體固化前的性質**：**黏附性**、**互黏性**、**延展性**等與**可塑性**有關的性質。

b. **膠體固化後的性質**：**回縮性**、**硬度**、**脆度**、**韌度**、**溶解性**、**可燃性**等與**耐用性**有關的性質。

(3). 添加天然增塑劑(明膠)的效果：觀察各膠體龜裂的情形。

(二)、名詞解釋：

(1). **凝析作用**：即凝聚析出的簡稱，指膠體溶液中分散質的凝聚現象。

(2). **蛋白質液**：本研究的實驗材料，包含牛奶、羊奶、人奶、黃豆、黑豆、雞蛋、鴨蛋。

二、實驗方法與步驟：

(一)、蛋白質凝析作用與萃取：

1. 清醋倒入牛奶，靜置 10 分鐘倒進咖啡濾紙中過濾，留在過濾紙上的膠狀物就是蛋白質塑膠。



(二).凝析效果的判定方法：

我們的想法：既然牛奶的乳白色是酪蛋白造成的，酪蛋白萃取愈完全，過濾液應該愈澄清，透光度也會愈好。因此我們決定從過濾液的澄清度來判定凝析效果。

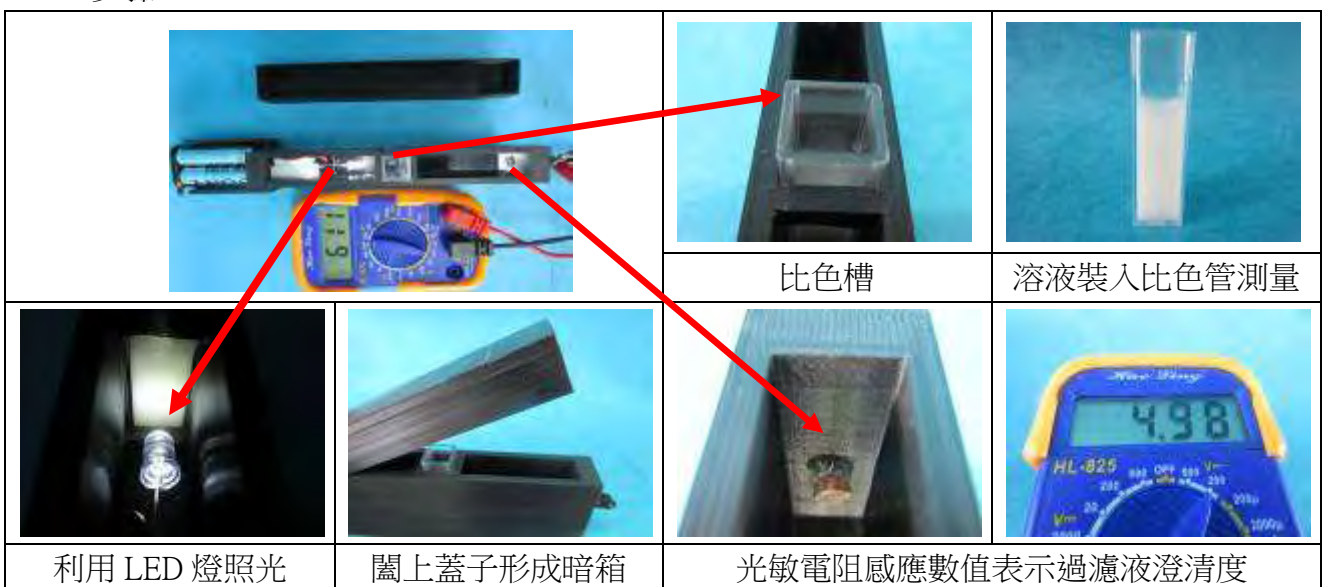
1. 判定指標：過濾液的澄清度、過濾的速度。

凝析效果好的判定依序是(1).過濾液最澄清(2).過濾速度最快，檢測方式如下：

(1).過濾液的澄清度：

a. 自製透光度測量器：使用光敏電阻量測過濾液的透光度來表示濾液的澄清度，用於判定凝析效果。透光度愈好，電阻值愈小，呈負相關，所以透光度以 $1/\text{電阻值}$ 來表示。

b. 步驟：



(2).過濾液體的過濾速度：

測量過濾液在前 30 秒內過濾的量。

(三)、探討不同因素對不同蛋白質凝析效果的影響：

1. 溫度：

(1). 準備五杯 30c.c. 蛋白質液，四杯一起放入加熱鍋隔水加熱，分別加熱到 30°C、50°C、70°C、90°C (奶類和豆類作法相同；雞蛋和鴨蛋超過 60°C 會凝固，測試的溫度定為 10°C、20°C、30°C、40°C、50°C)。

- (2).將步驟(1)中各蛋白質液，分別加入 10 c.c 清醋後靜置 10 分鐘，進行過濾，取得澄清液、和濾紙上的膠體。
- (3).將澄清液放入比色管，再放進自製透光度儀器測量透光度，檢測過濾效果。
- (4).待濾紙上的膠體風乾到重量固定不變時紀錄重量，並與透光值做比對，找出最佳凝析效果的加熱溫度。

2.蛋白質液與酸的比例：

- (1).準備四杯清醋分別為 3mL、6mL、10mL、30mL。
- (2).將蛋白質液加熱到前一個實驗找到的**最佳溫度**後，分別將上述不同毫升的清醋加入 30c.c.的蛋白質液，調配成 10：1、5：1、3：1、1：1 四種比例，靜置 10 分鐘過濾，紀錄各項數據。

3.酸的種類：

- (1).準備鎮江香醋、糯米醋、白醋、壽司醋、冰醋酸、清醋各 10mL 和 6 杯 30mL 的蛋白質液。
- (2).將各種酸加入蛋白質液中靜置 10 分鐘過濾，將澄清液放入比色管，再放進自製透光度儀器測量透光度，檢測過濾效果。

4.pH 值：

- (1).用冰醋酸加水稀釋分別調配成 pH2、2.5、3、3.5、4 等五種酸液。
- (2).準備 5 杯 30mL 的蛋白質液加熱到最佳凝析溫度。
- (3).將四種不同 pH 值的酸液分別加入四杯蛋白質液中，靜置 10 分鐘過濾，將澄清液放入比色管，再放進自製透光度儀器測量透光度，檢測過濾效果。



(四)、蛋白質塑膠性質的項目與定義：

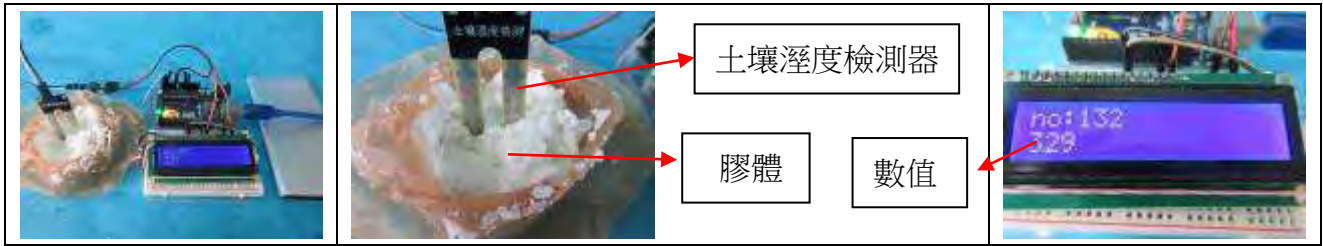
自製各種儀器測試膠體**固化前**和**固化後**兩階段的各項性質，把**性質量化**。

性質項目與定義

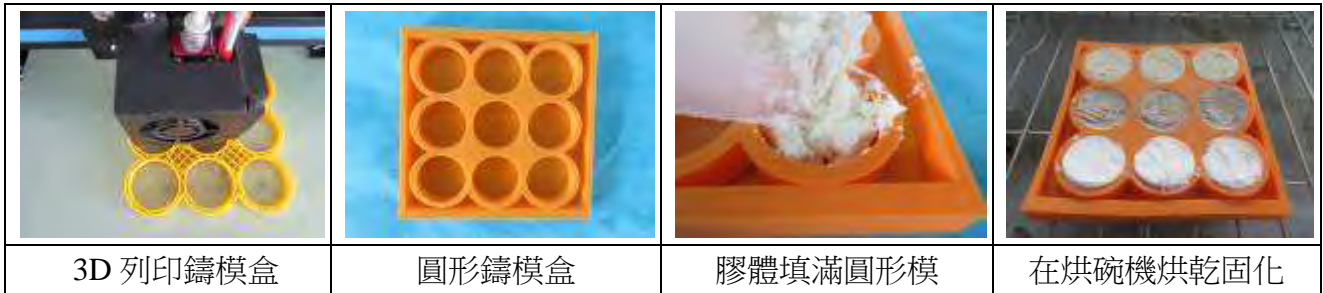
階段	性質	定義
固化前	黏附性	膠體和其它物質分離所需的拉力，拉力愈大，黏附性愈好
	互黏性	膠體和膠體之間的聚合力，分離膠體的拉力愈大，互黏性愈好
	延展性	膠體受重物輾壓後延展的面積，面積愈大，延展性愈好
固化後	回縮性	膠體烘乾前後的直徑回縮率， 回縮性愈小愈好
	硬度	膠塊在砂紙上磨損後重量減少率， 減少率愈小，硬度愈高
	脆度	膠塊耐撞擊的能力，重物撞擊後的重量減少率， 減少率愈小愈好
	韌度	膠塊耐彎折的角度，受力斷裂時的角度， 角度愈大韌度愈好

(五)、自製量測工具測定蛋白質塑膠性質：如下。

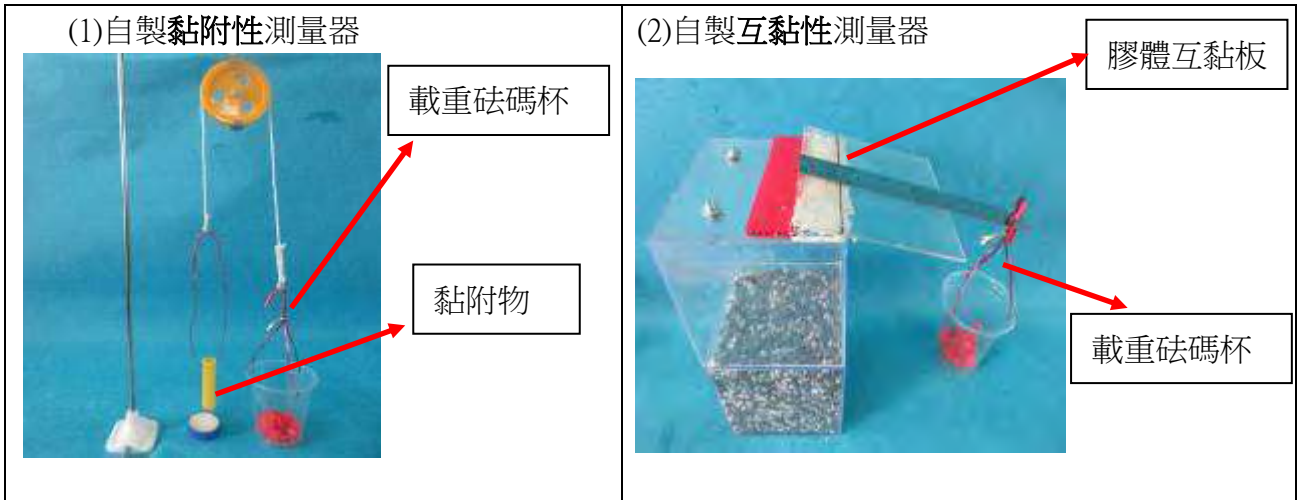
1.濕度測量器：利用土壤溼度檢測器和數值顯示器組裝濕度儀，使用於測定膠體濕度，以控制膠體濕度，做為每一次測定膠體性質時的**控制變項**。



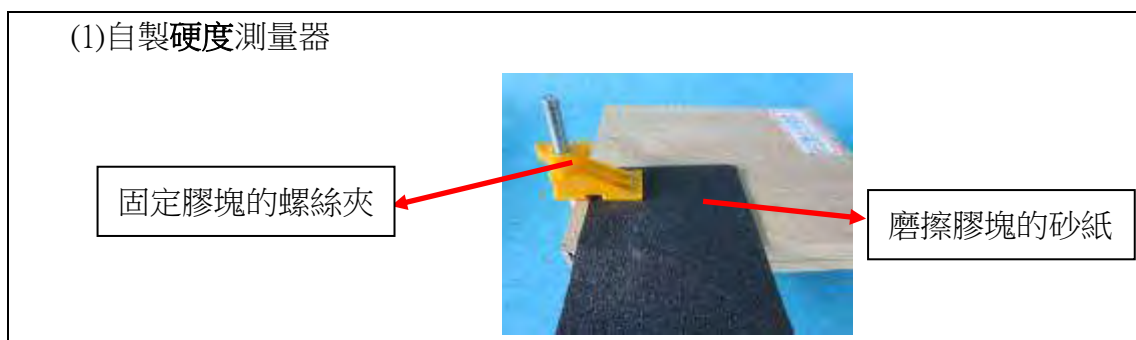
2.使用 3D 列印機製作鑄模：將膠體定量鑄模、烘乾、固化成小圓塊，以便進行各項性質測試。

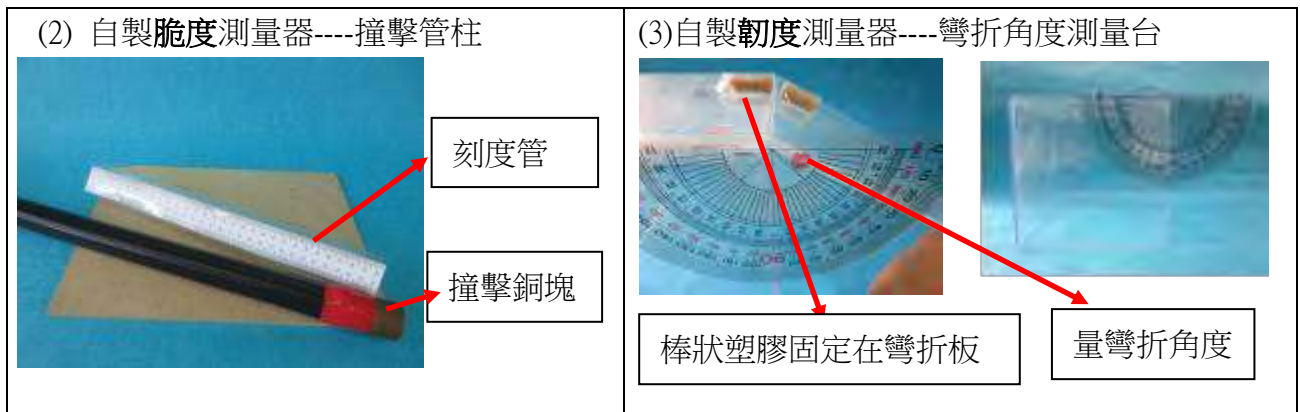


3.蛋白質塑膠**固化前**性質測定器：



4.蛋白質塑膠**固化後**性質測定器：





柒、研究結果

研究一、探討不同來源蛋白質塑膠的最佳凝析條件



研究構想：主要想了解溫度、酸的量、pH 值、酸的種類等條件對不同蛋白質凝析效果的影響。希望能找出凝析效果較佳的條件，能完全且快速萃取蛋白質膠體。

實驗一-1 研究不同條件對奶類蛋白質塑膠凝析現象的影響



實驗一-1-1 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對牛奶酪蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表一-1-1-1 蛋白質膠體凝析效果的差異



項目	蛋白質膠體		過濾液	
成效	效果佳	效果不佳	效果佳	效果不佳
現象				
說明	濾紙上能析出的膠體	濾紙上的液體過濾不下去	透明度好	透明度不好

表一-1-1-2 不同溫度和酸量對牛奶酪蛋白凝析的效果

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	10 : 1	5 : 1	3 : 1	1 : 1
重量(g)	4.3	4.0	4.2	4.0	4.0	3.5	4.4	4.5	不易過濾
過濾液									
過濾速度 (mL/30s)	1.5	2.5	3.0	5.0	5.0	3.0	9.0	12.0	5.0

澄清度	最澄清	澄清	澄清	混濁	次澄清	混濁有沉澱物	澄清	澄清	混濁
透光度(kΩ)	2.08	1.96	1.96	1.92	2.04	0.35	1.89	2.00	0.43
pH 值	3.9	4.0	4.1	3.7	3.8	4.8	4.2	3.8	3.5

表一-1-1-3 酸種類與 pH 值對牛奶酪蛋白凝析效果的影響

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3.0	0	2.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
重量(g)	6.4	6.1	6.7	5.1	未乾	6.6	未乾	4.3	濾不出	濾不出	濾不出
過濾液											
過濾速度 (mL/30s)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.0	1.0	5.0	1.0	22.0	31.0
澄清度	近澄清	澄清	澄清	澄清	最混濁	澄清	次澄清	最澄清	混濁	混濁	混濁
透光度(kΩ)	1.28	1.73	1.32	1.03	0.88	1.33	1.02	1.75	0.36	0.33	0.34
pH 值	3.8	4.0	3.8	4.2	2.7	3.8	3.4	4.0	5.5	6.6	6.4



(二)、發現與討論：

- 1.牛奶酪蛋白萃取效果最好的溫度是 6°C>50°C>70°C>90°C>30°C，6°C 過濾液最澄清，凝析現象最好。
- 2.過濾液很澄清或很不澄清的，過濾速度都會很快。
- 3.牛奶與酸的比例，以 3：1 的分離效果最好，過濾液最澄清、過濾速度也快、酪蛋白量也最多。其次是 10：1、5：1、以 1：1 最差。所以酸的量不能太多也不能太少。酸的比例影響酸鹼值，牛奶：白醋(pH 2.5) 3：1 的比例效果最佳。
- 4.白醋和清醋的 pH 值都是 2.5，白醋效果稍微好一點。所以酸的 pH 值影響最大，酸的種類有些微的影響。
- 5.萃取效果最好的過濾液的 pH 值在 4 左右。
- 6.分離效果好的指標依序是：過濾液澄清、過濾速度快、酪蛋白量多。(以下實驗以此為判斷標準)。



實驗一-2 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對羊奶酪蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表一-2-1 不同溫度和酸對羊奶酪蛋白凝析的效果

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1 : 1	3 : 1	5 : 1	10 : 1
重量(g)	3.9	4.0	4.0	4.4	4.3	未乾	5.1	5.0	5.0
過濾液									
過濾速度 (mL/30s)	3	3.5	6.0	11.0	12.0	4.0	9.0	5.0	4.0
澄清晰度	混濁	次澄清	澄清	澄清	澄清	混濁	澄清	澄清	混濁
透光度(kΩ)	0.51	1.08	1.37	1.64	1.47	1.00	1.75	1.59	1.54
pH 值	3.6	4.0	3.6	3.9	3.7	3.3	4.0	4.2	4.6

表一-2-2 酸種類與 pH 值對羊奶酪蛋白凝析效果的影響

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3.0	0	2.5	2	2.5	3.0	3.5	4.0
重量(g)	4.2	4.1	4.4	未乾	未乾	3.7	4.1	4.7	濾不出	濾不出	濾不出
過濾液											
過濾速度 (mL/30s)	6	7.5	7.0	0.5	1.2	6.0	5.0	12.0	2.0	19.0	40.0
澄清晰度	澄清	混濁	澄清	澄清	混濁	澄清	一些混濁	澄清	一些混濁	混濁	混濁
透光度(kΩ)	1.22	0.63	1.45	1.28	0.93	1.05	0.88	1.52	0.89	0.62	0.51
pH 值	4.2	4.0	3.9	4.3	2.9	4.0	3.4	3.9	5.2	6.0	6.4



(二)、發現與討論：

- 1.羊奶酪蛋白萃取效果最好的溫度是 70°C>90°C>50°C>30°C>6°C，70°C 過濾液最澄清。
- 2.從過濾液的澄清晰度可以判斷萃取效果，過濾液混濁表示效果不好；過濾液很澄清的或者很不澄清的，過濾速度都會很快。
- 3.羊奶與酸的比列，以 1 : 1 最差，其次是 10 : 1、5 : 1；以 3 : 1 的分離效果最好，過濾液最澄清、過濾速度也快、酪蛋白量也最多。所以酸的量不能太多也不能太少。酸的比列影響酸鹼值。以羊奶：白醋(pH 2.5) 3 : 1 的比列效果最佳。這個結果與牛奶相同。
- 4.酸的 pH 值影響最大，酸的種類有些微的影響，白醋和清醋的 pH 值都是 2.5，白醋效果稍微好一點。
- 5.萃取效果最好的過濾液的 pH 值在 3.9 左右。

實驗二-1 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對黃豆球蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表二-1-1 黃豆漿加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影響

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1 : 1	3 : 1	5 : 1	10 : 1
重量(g)	3.7	3.7	3.8	3.2	3.5	3.5	3.6	3.8	3.5
過濾液									
過濾速度 (mL/30s)	0.5	8.0	11.0	7.0	2.0	5.0	1.0	2.0	1.0
澄清度	澄清	澄清	澄清	次澄清	最混濁	混濁	澄清	澄清	澄清
透光度(kΩ)	1.92	1.41	1.35	1.39	1.23	0.99	1.28	1.35	1.15
pH 值	4.0	3.6	3.9	4.0	4.1	3.4	3.9	4.1	4.4

表二-1-2 酸種類與 pH 值對黃豆球蛋白凝析效果的影響

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3.0	0	2.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
重量(g)	3.7	3.8	3.1	未乾	不易乾	3.4	3.4	3.4	3.4	不易乾	不易乾
過濾液											
過濾速度 (mL/30s)	2.5	7.0	2.0	1.0	1.0	6.0	0.5	8.0	0.5	1.5	7.0
澄清度	澄清	澄清	澄清	有沉澱物	混濁	澄清	次澄清	澄清	澄清	混濁	最混濁
透光度(kΩ)	1.56	1.28	1.85	1.09	0.31	1.64	1.03	1.39	1.67	0.75	0.73
pH 值	3.8	4.2	4.1	4.1	2.6	3.9	3.5	4.1	5.3	6.5	6.5

(二)、發現與討論：

1. 黃豆漿以加熱 50°C 凝析效果最好，但是溫度產生的差異性不大，只要不超過 90°C，過濾液都還蠻澄清的。
2. 過濾液的澄清度和速度與萃取效果有符合，過濾液混濁表示效果不好；過濾液很澄清的或



者很不澄清的，過濾速度都會很快。

- 3.黃豆漿與酸的比列，以 1：1 最差，過濾液最混濁，其次是 10：1、3：1；以 5：1 的分離效果最好，過濾液最澄清、過濾速度也快、酪蛋白量也最多。但是差異性很小。
- 4.黃豆漿的凝析作用受到溫度和酸的量影響沒有像奶類那麼大。
- 5.以黃豆漿：糯米醋(pH 2.5) 5：1 的比例效果最佳。這個結果與奶類不相同。



實驗二-2 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對黑豆球蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表二-2-1 黑豆漿加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影響

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1：1	3：1	5：1	10：1
重量(g)	3.2	3.4	4.0	3.6	3.6	3.3	3.7	3.9	4.3
過濾液									
過濾速度 (mL/30s)	7.0	10.0	10.0	5.0	9.0	13.0	1.0	1.0	11.0
澄清度	澄清	澄清	澄清	澄清	次澄清	澄清	混濁有沉澱物	有沉澱物	澄清
透光度(kΩ)	1.79	1.64	1.89	1.32	1.02	1.27	0.68	0.77	1.33
pH 值	3.7	3.7	3.7	3.9	3.7	3.3	4.5	4.3	3.9

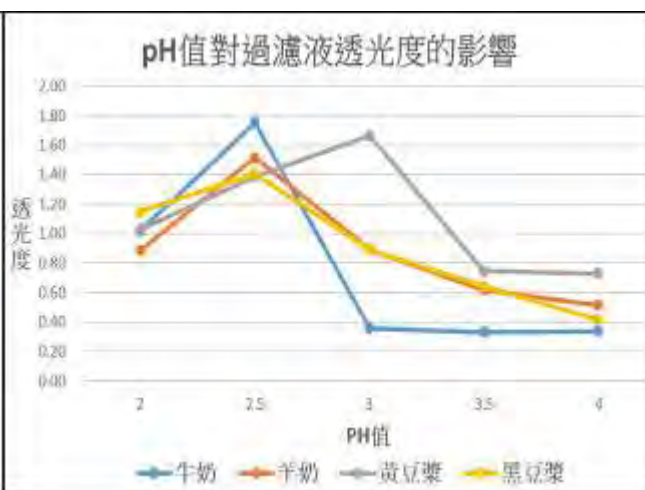
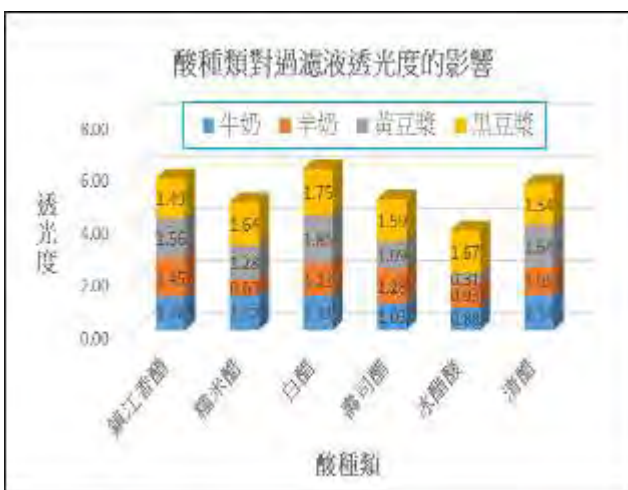
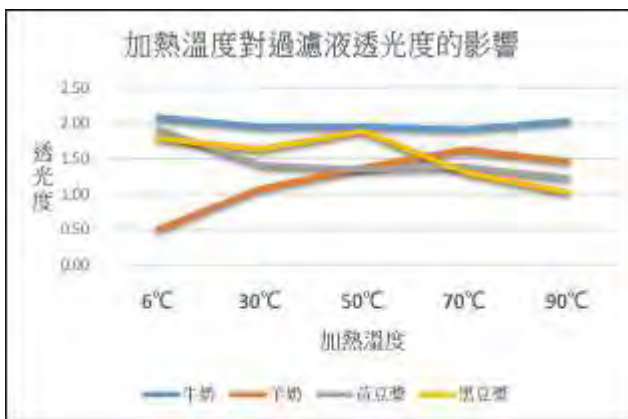
表二-2-2 酸溶液種類和 pH 值對黑豆球蛋白凝析效果的影響

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3.0	0	2.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
重量(g)	3.5	3.4	3.6	不易乾	不易乾	3.4	不易乾	3.7	3.5	3.5	未乾
過濾液											
過濾速度 (mL/30s)	5.0	0.1	5.0	0.1	5.0	0.1	1.0	2.5	1.5	2	0.5
澄清度	澄清	澄清	澄清	澄清	澄清	澄清	有沉澱物	澄清	次澄清	混濁	最混濁
透光度(kΩ)	1.49	1.64	1.75	1.59	1.67	1.54	1.15	1.41	0.89	0.64	0.42
pH 值	4.6	4.3	4.2	4.2	2.8.	4.3	3.4	4	5.0	5.7	6.6

(二)、發現與討論：

- 1.黑豆漿以加熱 50°C 凝析效果最好，但是溫度產生的差異性不大，只要不超過 90°C，過濾液都還蠻澄清的。
- 2.過濾液的澄清度和速度與萃取效果有符合，過濾液混濁表示效果不好；過濾液很澄清的或者很不澄清的，過濾速度都會很快。
- 3.黃豆漿與酸的比例，以 1：1 最差，過濾液最混濁，其次是 10：1、5：1；以 3：1 的分離效果最好，酸量愈少凝析效果遞減。
- 4.以黑豆漿：白醋(pH 2.5) 3：1 的比例效果最佳。

總結：







結論：

- 1 除了羊奶之外，溫度對大部分的蛋白質凝析效果影響不大；多數以 50°C 為最佳萃取溫度，牛奶最佳溫度最小。
2. pH 值對蛋白質凝析效果影響較酸的種類大，其中對牛奶的凝析效果影響最大。除了黃豆，pH2.5 是轉折點。
3. 整體來說黃豆蛋白的凝析效果最不會受到溫度、pH 值不同而有太大的變化。
4. 醋的種類對過濾液透光度的影響，鎮江香醋差別不大；糯米醋對羊奶最不適合；白醋的適用性最廣；壽司醋、冰醋酸因為 pH 值太低和太高的關係，最不適用，清醋的 pH 值雖然和白醋、糯米醋相同，但是天然發酵的醋效果較好。















實驗三-1 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對雞蛋卵蛋白凝析現象的影響

(一)、實驗結果：

表三-1-1 雞蛋卵蛋白膠體凝析效果的差異

			
酸加愈多白色凝析物愈多		很黏稠過濾速度慢	過濾液澄清

表三-1-2 雞蛋卵蛋白加熱溫度、和酸混合的比例對凝析效果的影響

溫度	10°C	30°C	40°C	50°C		
凝析結果						
雞蛋白：酸	1：1	3：1	5：1	10：1		
凝析結果						
酸分類	食用醋			化學合成醋		
酸種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	清醋	冰醋酸
酸 pH 值	2.3	2.5	2.5	3	2.5	0
凝析結果						





(二)、發現與討論：

- 1.雞的蛋白不是膠體溶液，加酸後的過濾液都很澄清，不用進行透光度測試。
- 2.加熱到 50°C 明顯出現凝析物，若繼續加熱蛋白則會變硬，所以加熱溫度最高是 50°C。
- 3.用冰醋酸慢慢加入蛋白中，約 1：1 的量可以使蛋白全部凝析成膠體。



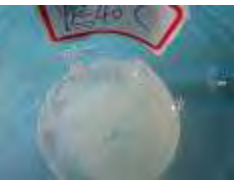











實驗三-2 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對鴨蛋卵蛋白凝析現象的影響

(一)、實驗結果：

表三-2-1 鴨蛋卵蛋白膠體凝析效果的差異

			
酸加愈多白色凝析物愈多		很黏稠過濾速度慢	過濾液澄清

表三-2-2 鴨蛋卵蛋白加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影響

溫度	10°C		30°C		40°C		50°C	
凝析效果								
比例	1 : 1		1 : 3		1 : 5		1 : 10	
凝析效果								
醋分類	食用醋				化學合成醋			
種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	清醋	冰醋酸		
pH 值	2.3	2.5	2.5	3	2.5	0		
凝析效果								

(二)、發現與討論：

- 1.鴨蛋白單純加熱會凝固變硬，不具有可塑性；加熱後再加酸，凝析的膠體較軟具有可塑性可任意捏成各種形狀。
- 2.加熱到 50 度以上就開始大量出現白色塊凝聚物，利用冰醋酸約 1：1 比例可全部凝析。

實驗四、研究不同來源蛋白質塑膠的性質

研究構想：我們從材料科學的角度來探討不同來源蛋白質塑膠的性質。希望從外顯的物理性質來了解物質的化學性質。以下實驗使用自製儀器進行量化的性質測試。

實驗四-1 比較不同來源蛋白質塑膠固化前的性質

實驗四-1-1 測量不同蛋白質塑膠的黏附性

(一)、實驗步驟：

			
自製測試黏附性儀器	插栓與膠體附著	砝碼杯載重拉動插栓	測拉開插栓的砝碼重

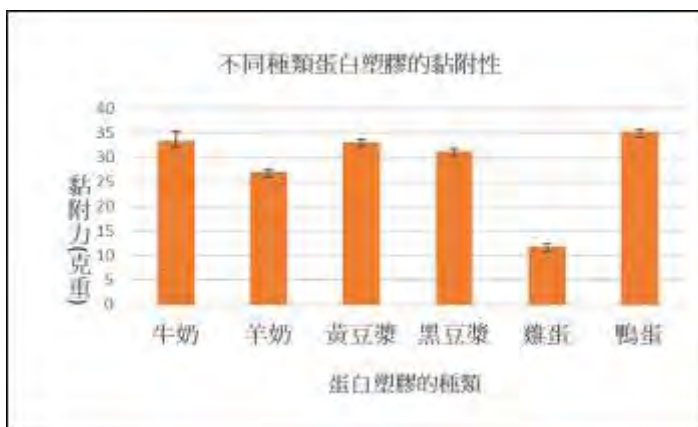
(二)、實驗結果：

表四-1-1 不同蛋白質塑膠的黏附性比較

種類 克重	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均黏附力(g)	33.3	27.0	33.2	31.3	11.8	35.2

(三)、發現與討論：

- 1.不同類別比較，黏附性：**豆類蛋白**> 奶類>蛋類。
- 2.同類別比較，**牛奶蛋白**>羊奶；**黃豆蛋白**>黑豆；**鴨蛋**>雞蛋。
- 3.黏附性最好的是**鴨蛋**，其次是牛奶、黃豆漿、黑豆漿、羊奶、雞蛋。



實驗四-1-2 測量不同蛋白質塑膠的互黏性

(一)、實驗步驟：

自製測試互黏性儀器	在板子畫寬 2.5cm 線	再用酪蛋白填滿	黏上另一板子
掛砝碼杯，放入砝碼	直到砝碼杯讓上下壓克力板分離	秤砝碼重	

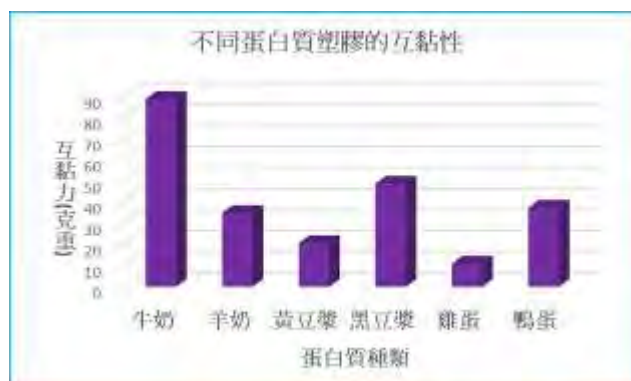
(二)、實驗結果：

表四-1-2 不同蛋白質塑膠的互黏性

種類 克重	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均重量(g)	89.1	35.0	20.7	48.9	10.9	37.5




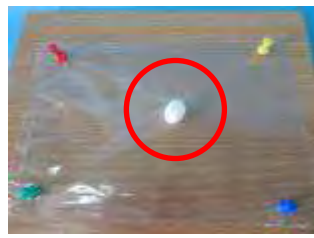



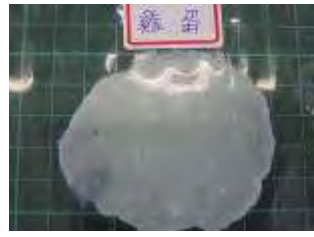
(三)、發現與討論：

- 1.以類別來看，互黏性：**奶類**>豆類>蛋類。
- 2.同類別比較：**牛奶蛋白**>羊奶；**黑豆蛋白**>黃豆；**鴨蛋**>雞蛋。
- 3.互黏性最好的是**牛奶**，其次是黑豆漿、鴨蛋、羊奶、黃豆漿和雞蛋。





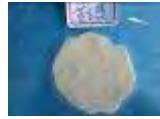



實驗四-1-3 測量不同蛋白質塑膠的延展性

(一)、實驗步驟：

			
自製測試延展性儀器	列印注射筒出膠孔	擠出同樣的膠量在塑膠袋內	
			
利用 1200 公克的重物盒重壓 20 秒		結果	算格子數(延展面積)

(二)、實驗結果：

表四-1-3 不同蛋白質塑膠的延展性

種類 格 數	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
						
平均面積	18.6 cm ²	25.0 cm ²	17.6 cm ²	22.6 cm ²	31.2 cm ²	30.2 cm ²

(三)發現與討論

1.以類別來看，**延展性：**

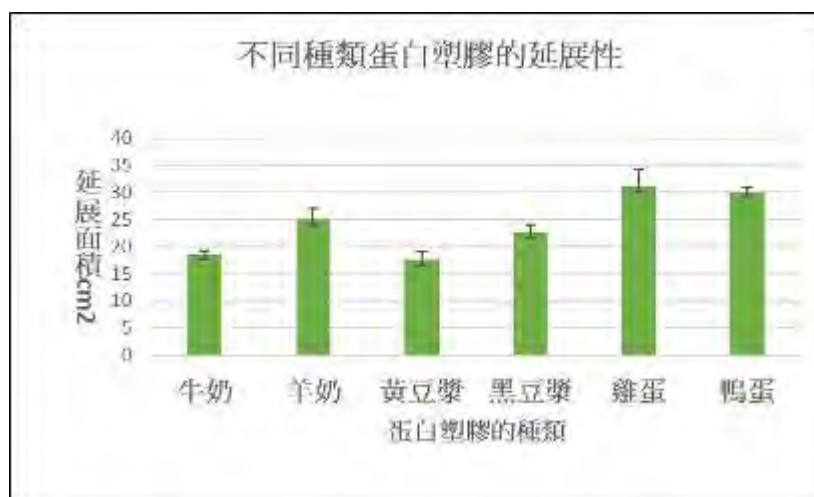
蛋類>奶類>豆類。

2.同類別比較：

羊奶蛋白>牛奶；**黑豆蛋白**>黃豆；**雞蛋**>鴨蛋。

3 整體比較：

延展性最好的是**雞蛋**，其次是鴨蛋、羊奶、黑豆漿、牛奶、黃豆漿。



實驗四-2 比較不同來源蛋白質塑膠固化後的性質








實驗四-2-1 測量不同來源蛋白質塑膠固化後的回縮性

(一)、實驗步驟：回縮性計算：膠體固化前後的直徑減少率。

		
準備蛋白質塑膠	準備圓形模具	蛋白質塑膠填入圓形模具
		
填滿圓形模具	烘碗機烘乾固化	回縮性計算

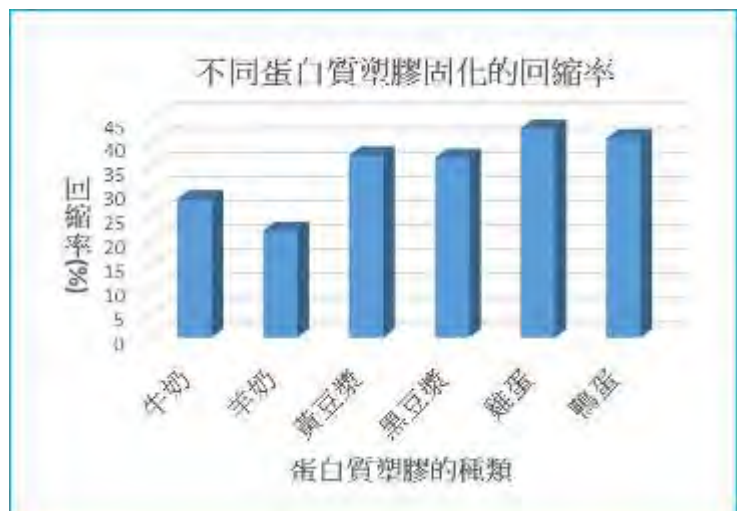
(二)、實驗結果：

表四-2-1 不同種類蛋白質塑膠固化後的回縮性

蛋白質塑膠種類	牛奶塑膠	羊奶塑膠	黃豆塑膠	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
	白色	鵝黃	棕色	黑色	淡黃透明	白色透明
烘乾後						
回縮率	28.5%	22%	37.5%	37%	43%	41%





(三)、發現與討論：

- 不同類別比較，內縮率：
蛋類>豆類>奶類。
- 同類別比較：
牛奶>羊奶；黃豆>黑豆；雞蛋>鴨蛋。
- 整體比較，回縮性最大的是雞蛋，其次是鴨蛋、黃豆漿、黑豆漿、牛奶、羊奶。



實驗四-2-2 測量不同蛋白質塑膠的硬度

(一)、實驗步驟：

			
蛋白質塑膠放上砂紙	固定住蛋白質塑膠	固定力量拉動砂紙	計算磨損後的重量

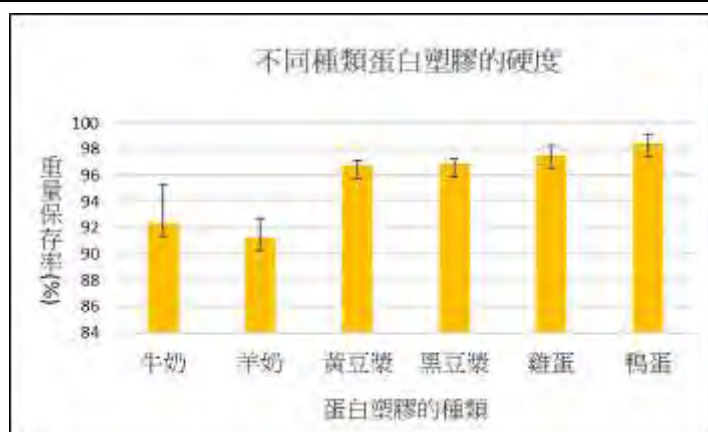
(二)、實驗結果：

表四-2-2 不同蛋白質塑膠的硬度比較

種類 磨損率	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均保留率	92.34%	91.28%	96.74%	96.89%	97.54%	98.43%

(三)、發現與討論：

- 1.以類別來比較，**硬度**：
蛋類>豆類>奶類。
- 2.同類別比較，**牛奶蛋白**>羊奶；**黑豆蛋白**>黃豆；**鴨蛋**>雞蛋。
- 3.整體比較，抗磨損硬度最好的是**鴨蛋**，其次是雞蛋、黑豆漿、黃豆漿、牛奶、羊奶。



實驗四-2-3 測量不同蛋白質塑膠的脆度

(一)、實驗步驟：

				
蛋白質塑膠放在撞擊管口	撞擊銅棒套入刻度管	將撞擊棒拉到7公分處放手	撞擊後測量重量變化	計算重量減少率

(二)、實驗結果：

表四-2-3 不同蛋白質塑膠抗撞擊測試

次數	種類	牛奶塑膠	羊奶塑膠	黃豆塑膠	黑豆塑膠	雞蛋塑膠	鴨蛋塑膠
5次	重量減少率	4.76%	5.55%	15.38%	7.14%	0.13%	0%

	照片						
10 次	重量減少率	5.00%	5.88%	9.09%	0.1%	0.12%	6.66%
	照片						
15 次	重量減少率	5.26%	50%	30%	0.1%	0.14%	0%
	照片						
裂成兩塊的撞擊次數		15 次	10 次	15 次	>25 次	>25 次	>25 次
平均重量減少率		5.00%	20.47%	18.15%	2.38%	0.13%	2.22%

(三)、發現與討論：

1.以類別比較，**抗撞擊脆度**：

蛋類>豆類>奶類。

2.同類別比較：

牛奶蛋白>羊奶；**黑豆蛋白**>黃豆；**雞蛋**>鴨蛋。

3.整體比較：

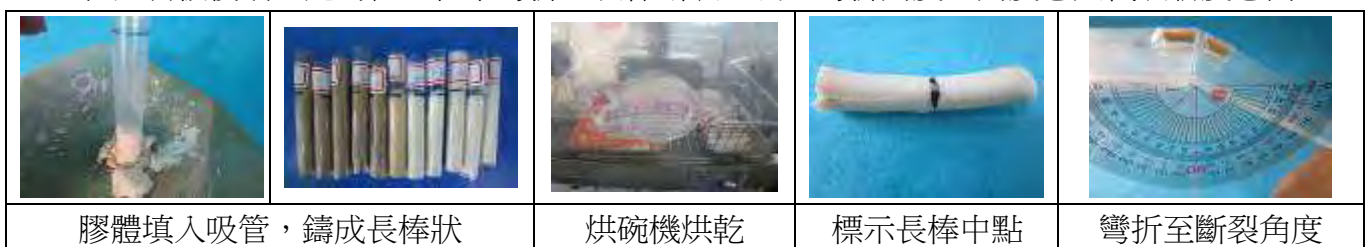
雞蛋>鴨蛋>黑豆漿>牛奶>黃豆漿>羊奶。



實驗-四-2-5 測量各種蛋白質塑膠**韌度** (耐彎折程度，即好不好折斷)

(一)、實驗步驟：

- 1.將鑄好的長棒形蛋白質固體塑膠，平均固定在兩個拼接可彎折的透明塑膠板。
- 2.在透明板後端固定的位置往下彎折至長棒斷裂，測量彎折角度，角度愈大代表韌度愈高。



(二)、實驗結果：

表四-2-5 各種蛋白質塑膠耐彎折角度

種類 角度	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均彎折 角度	10.7 度	10 度	23.3 度	14 度	85 度	90 度

(三)、發現與討論：

1.以類別來看，耐彎折角度：

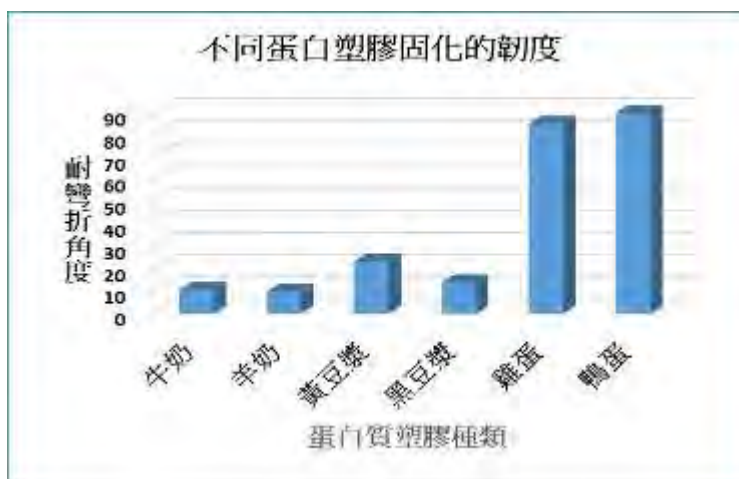
蛋類>豆類>奶類。

2.以同類別比較：

牛奶蛋白>羊奶；黃豆蛋白>黑豆；鴨蛋>雞蛋。

3.整體比較：

鴨蛋>雞蛋>黃豆漿>黑豆漿>牛奶>羊奶。



實驗四-3 研究不同來源蛋白質塑膠在不同水溶液的溶解情形






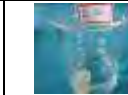





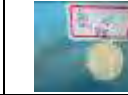




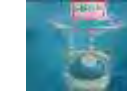
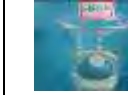






























(一)、實驗步驟：

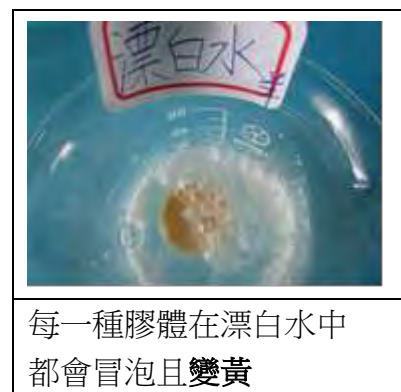
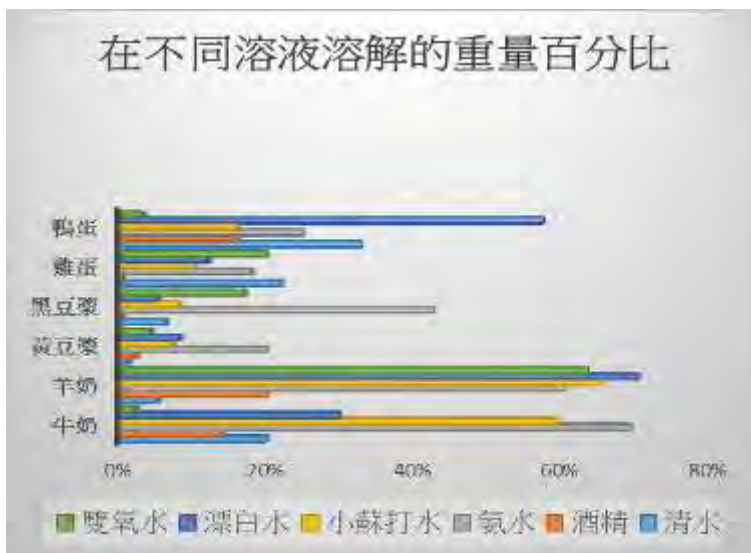
- 1.用自製鑄模製作六種小圓塊蛋白質塑膠
- 2.準備六種不同水溶液，有清水、酒精等中性溶液；氨水、小蘇打水等鹼性溶液、漂白水、雙氧水等酸性各倒 30mL 在燒杯中。
- 3.將各種小圓塊蛋白質塑膠浸泡在這八種水溶液中，24 小時後觀察膠體變化情形，撈出待乾秤重，計算重量減少率。

(二)、實驗結果：

表四-3 不同蛋白質塑膠在不同溶液溶解後的重量減少率

種類 溶解情形		牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
中性 溶液	清水						
	重量減少率	20%	5%	1%	6%	22%	33%
中性 溶液	酒精						
	重量減少率	14%	20%	2%	0.1%	0.1%	16%

鹼性 溶液	氨水						
							
重量減少率		70%	61%	20%	43%	18%	25%
鹼性 溶液	小蘇打水						
							
重量減少率		60%	66%	7%	8%	10%	16%
鹼性 溶液	漂白水						
							
重量減少率		30%	71%	8%	5%	12%	58%
酸性 溶液	雙氧水						
							
重量減少率		2%	64%	4%	17%	20%	3%



(三)、發現與討論：

- 1.在清水中和酒精最不易溶解的是豆類蛋白質塑膠。
- 2.酒精對各種蛋白質塑膠的溶解性低。
- 3.氨水對各種蛋白質塑膠溶解力強。
- 4.黃豆蛋白最不容易被分解；羊奶蛋白最容易被分解
- 5.鹼性的氨水和小蘇打水最易使奶類蛋白質塑膠溶解，形成軟膠狀態。氨水的溶解力又比小

蘇打水大。


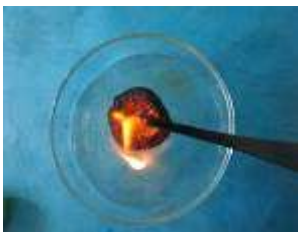


6.漂白水會溶解各種蛋白質塑膠，溶液的顏色變混濁。也會使奶類和蛋類塑膠的顏色變黃。黃豆塑膠和黑豆塑膠原本就有顏色，所以看不出變色。

7.漂白水的主要成分是次氯酸鈉，遇水後可以生成次氯酸，這種成分具有極強的氧化性，對於動物性蛋白，溶解力較強。

8.雙氧水對羊奶蛋白溶解力強。

實驗四-4 研究不同來源蛋白質塑膠的燃燒情形

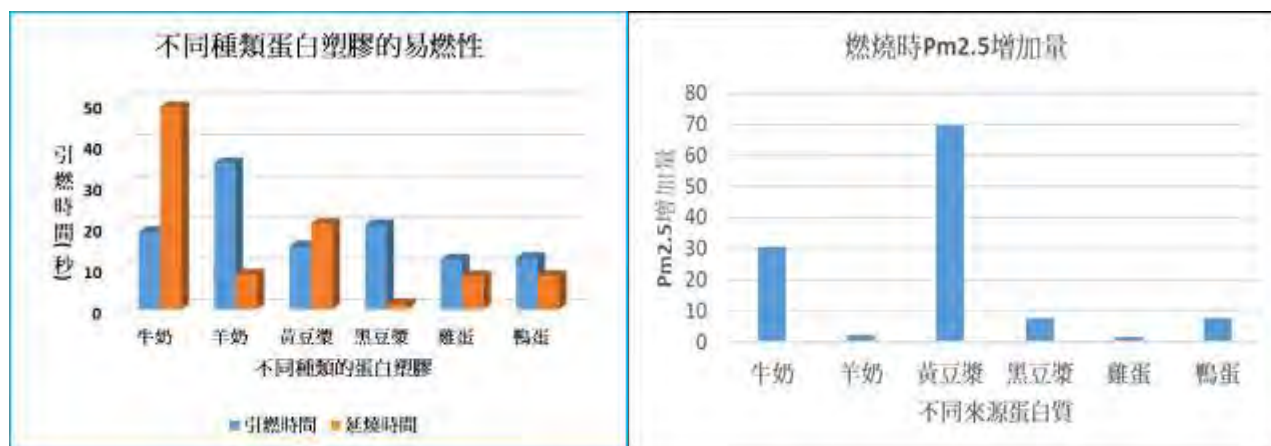
(一)、實驗步驟：

			
固定高度加熱	記錄燃燒時間	PM2.5 測定儀	在箱內離 PM2.5 測定儀一定距離偵測

(二)、實驗結果：

表四-4-1 比較不同來源蛋白質塑膠的燃燒情形

種類 觀察項目	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
引燃時間	18 秒 78	35 秒 47	15 秒 33	20 秒 47	12 秒 10	23 秒 53
延燒時間	49 秒 01	8 秒 52	20 秒 73	1 秒 28	8 秒 07	8 秒 12
煙的顏色	白色	白色	白色	白色	白色	白色
火焰的顏色	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅
PM2.5(增加量)	30.5	2.2	69.4	7.5	1.5	7.6



(三)、發現與討論：

- 1.不同類別比較，引燃時間: 奶類>豆類>蛋類；同類別比較，羊奶蛋白>牛奶蛋白；黑豆蛋白>黃豆蛋白；鴨蛋白>雞蛋蛋白。

- 2.可燃性最好的是羊奶，其次是黑豆漿，接下來依序是牛奶、黃豆漿、鴨蛋和雞蛋
以類別來看，奶類的延燒時間>豆類>蛋類；以同類別比較，牛奶蛋白的延燒時間>羊奶；
黃豆蛋白>黑豆；鴨蛋>雞蛋。
- 3.延燒時間最長的是牛奶，其次是黃豆漿，接下來依序是羊奶、鴨蛋、雞蛋和黑豆漿
- 4.PM2.5 增加量:黃豆漿>牛奶>鴨蛋>黑豆漿>羊奶>雞蛋。

實驗五、添加增塑劑對蛋白質塑膠成型的影響

發現問題：蛋白質塑膠固化後容易裂開。













構想：添加天然增塑劑來改善。天然增塑劑的種類有，澱粉類的太白粉、植物性的洋菜、動物性的明膠。太白粉需加熱才有黏性，洋菜在常溫下容易就結凍，所以選用明膠做為增塑劑，探討明膠對改善破裂的效果比較裂開情形及對延展性的改善效果。













(一)、實驗步驟：明膠濃度為 2 克明膠加 150mL 水。

		
明膠	製冰盒空模具	填膠體滿製冰盒做小碗

(二)、實驗結果：

表五-1、添加明膠對塑膠破裂程度的改善情形

種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
未添加						
破裂情形	龜裂嚴重	龜裂嚴重	小龜裂	小龜裂	小縫隙	小縫隙
延展面積	18cm ²	39cm ²	17cm ²	33cm ²	31cm ²	30cm ²
添加明膠						
破裂情形	小龜裂	完整	完整	小龜裂	完整	完整
延展面積	26cm ²	38cm ²	30cm ²	24cm ²	32cm ²	31cm ²

小碗 未添加	 裂開	 裂開	 內部微裂	 內部微裂	 完整	 完整
添加 明膠	 邊緣小裂	 邊緣裂開	 邊緣小裂	 邊緣小裂	 完整	 完整

(三)、發現與討論：

- 1.對於防止固化脆裂及增加延展性的效果來看，**奶類**添加明膠**做成薄膜時**，**效果不佳**，因為添加後膠體水分變多；要**做成厚度較大的小碗**才有效果。
- 2.豆類和蛋類加明膠沒有增加延展性，但防止龜裂的效果很好，薄膜和碗狀都有效。
- 3.添加明膠來防止固化脆裂及增加延展性的效果會**依蛋白質塑膠種類而異**。
添加明膠對蛋類的效果最好，對奶類效果不大，厚度才能改善破裂。


實驗六、研究不同來源蛋白質塑膠的應用

研究構想：根據蛋白質塑膠的不同性質做不同的應用。




應用(一) **黏土**

製作條件		適用的塑膠來源	
黏度佳、不沾手、綿密		a.奶類蛋白質塑膠 b.蛋類蛋白質塑膠	
製作方式、成品			
			
可使用火龍果汁調色	奶類蛋白質塑膠黏土	蛋類蛋白質塑膠黏土	




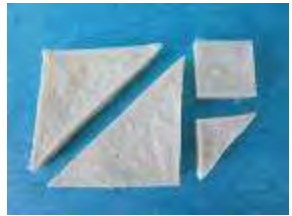
應用(二) **自製鑰匙圈飾品**

製作條件	適用的塑膠來源	製作方式	成品
硬度高、顏色白	加明膠的 牛奶蛋白質塑膠	將明膠牛奶蛋白質塑膠黏土捏成立體的小兔頭	





應用(三)食品包裝用薄膜

製作條件		適用的塑膠來源	
延展性佳不碎裂		a.加明膠的黑豆蛋白質塑膠 b 加明膠的雞蛋蛋白質塑膠	
製作方式、成品			
			
加明膠的雞蛋蛋白質塑膠 放入塑膠袋中， 用重物壓平後再烘乾		明膠黑豆蛋白質塑膠膜 明膠黑豆蛋白質液 放在烤盤上烘乾製成塑膠膜	


應用(四)無毒塑膠積木

製作條件		適用的塑膠來源	
硬度高、顏色白		牛奶蛋白質塑膠	
製作方式、成品			
			
利用 3D 列印 七巧板的塑形鑄模		萃取牛奶蛋白質膠 體，放入模子內塑形 烘乾固化	
		七巧板成品	

應用(五)圍棋

製作條件		適用的塑膠來源	
硬度高		蛋類、豆類蛋白質塑膠	
製作方式、成品			
			
將鴨蛋、黑豆蛋白質膠體， 填入 3D 列印的圓形鑄模內烘乾固化		黑、白圍棋棋子 下棋了	

應用(六)杯墊

製作條件	適用的塑膠來源	製作方式	成品
韌度強、延展性高	蛋類蛋白質塑膠	萃取蛋類蛋白質塑膠放入培養皿中壓平後再烘乾。	

應用(七)餐具(碗、筷子、湯匙)

製作條件		適用的塑膠來源	
好塑型且防水		加明膠的牛奶蛋白質塑膠、加明膠的豆類蛋白質塑膠	
製作方式			成品
			
3D 列印鑄碗模具	碗鑄模	防水測試	
			
3D 列印鑄湯匙模具	湯匙鑄模	湯匙	

捌、討論

- 1.原本混濁的過濾液，靜置多日之後分層出酪蛋白和澄清液，驗證了從過濾液的澄清度可以判斷萃取效果
- 2.影響因素的探討順序從溫度開始是因為溫度對羊奶酪蛋白萃取影響很大，溫度不夠高；不管加多少酸都不能產生蛋白質凝析現象。
- 3.凝聚效果愈好，過濾速度快的原因，我們推論是蛋白質變性後化學結構會打開，原本蜷縮的疏水基向外打開，造成排水效果佳。
- 4.相同 pH 值不同種類酸的凝析效果不同，可能的原因是酸釀製的原料不同造成，這個問題有待進一步探討。
- 5.蛋黃部分是否也可以酸化凝析萃取蛋白質塑膠，有待進一步探討。
- 6.過期牛奶和豆漿以及麵包店用蛋黃做蛋黃酥，大量丟棄的蛋白都可以利用來做成塑膠以解決食物浪費務問題。

玖、研究結論

一、除了牛奶酪蛋白，不同來源蛋白質也可利用酸化凝聚沉降的方法萃取出蛋白質塑膠嗎？


酪蛋白是牛奶中的主要蛋白質，是天然的高分子聚合物，除了牛奶酪蛋白之外，**奶類中的羊奶酪蛋白**；**豆類中的黃豆、黑豆的大豆球蛋白**；**蛋類中的雞蛋、鴨蛋蛋白的卵蛋白**也都可以用酸劑凝析出膠狀的蛋白質塑膠。


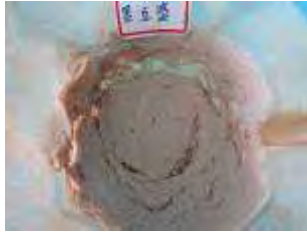

二、如何判定蛋白質的凝析效果呢？

- 1.牛奶的乳白色是酪蛋白造成的，所以酪蛋白萃取愈完全，過濾液愈澄清，透光度也會愈好。**自製透光度測量儀的數值**，(電阻值愈小，透光度愈好)，**與凝析量比對後**，發現結果是一致性的。確定從**過濾液的澄清度**來判定蛋白質**凝析效果**是可行的。
- 2.除了過濾液的澄清度之外，**過濾速度**也是判定指標，**在過濾液澄清的條件下**，**過濾速度快**，也代表蛋白質凝析效果愈好。

三、不同來源蛋白質的凝析條件都一樣嗎？

1. **溫度**對**羊奶酪蛋白**萃取影響很大，溫度不到 70 度以上，不管酸的比例或酸的 pH 值是多少都過濾不出蛋白質膠體。而**牛奶**對熱的穩定度較高。
2. **酸**與牛奶的**比例**或酸的 **pH 值**對牛奶酪蛋白萃取影響很大，pH 值不對，不管加熱到幾度凝析效果都不佳，而豆類對酸的穩定度則較高。
3. 蛋類塑膠的萃取方式和奶類豆漿類差異很大，所需要的酸 pH 值很低，酸量接近蛋白的量時，蛋白可以全部變成膠體。
- 4.在相同 pH 值時，醋的種類也會對凝析效果產生些微的影響，天然發酵的醋比化學合成的好。
- 5.不同來源蛋白質塑膠的特徵與最佳凝析條件如下表：

種類	奶類	豆類	蛋類
凝析現象			
特徵	凝析物較綿密顆粒小且均勻	凝析物成塊狀	凝析物緊密黏住有彈性
蛋白質膠體	牛奶 	黃豆漿 	雞蛋 
特徵	白色、綿密	白色、間隙較大	淡黃色、綿密、不黏手

最佳凝析條件	6°C、白醋、 pH2.5、3:1	加熱至 50°C、糯米醋、 pH2.5、5:1	加熱至 50°C、冰醋酸、 pH 0、1:1
蛋白質膠體	羊奶 	黑豆漿 	鴨蛋白 
特徵	棕色、較軟、較滑	咖啡色、間隙較大	白色、綿密、不黏手
最佳凝析條件	加熱至 70°C、白醋、 pH2.5、3:1	加熱至 50°C、白醋、 pH2.5、10:1	加熱至 50°C、冰醋酸、 pH0、1:1

四、不同來源蛋白質塑膠的性質有什麼不一樣呢？

(一)、**固化前**膠體性質探討的是黏附性、互黏性和延展性；**固化後**膠體性質探討的是回縮率、硬度(抗磨損)、脆度(耐撞擊)、韌度(耐彎折角度)；**燃燒情形**探討的是易燃性、延燒時間、PM2.5 增加量。

針對各種性質**自製不同的測量工具**，分別測量不同來源蛋白質塑膠的各項性質，比較結果如下表：

不同來源蛋白質塑膠的各項性質排行表(由大到小)

性質 種類	固化前			固化後				燃燒		
	黏附性	互黏性	延展性	回縮性	硬度	脆度	韌度	易燃性	延燒時間	PM2.5
牛奶	2	1	5	5	5	4	5	4	6	2
羊奶	5	4	3	6	6	6	6	1	4	5
黃豆	3	5	6	3	4	5	3	5	5	1
黑豆	4	2	4	4	3	3	4	3	1	3
雞蛋	6	6	1	1	2	1	2	6	2	6
鴨蛋	1	3	2	2	1	2	1	2	3	4

1. 固化後的各項性質有蠻高的一致性。

2. **蛋類蛋白膠體具有較優的塑膠材料特性**，例如，延展性佳、硬度大、韌度強、脆度低，但是缺點是回縮性太大。

(二)、在不同溶液的**溶解性**

1. 清水中和酒精對豆類蛋白質塑膠的溶解力低。

2. 有機溶劑對各種蛋白質塑膠的溶解性低。

3. **氨水**對各種蛋白質塑膠溶解力強。

4. **黃豆蛋白**最不容易被分解；**羊奶蛋白**最容易被分解

- 5.鹼性的氨水和小蘇打水最易使奶類蛋白質塑膠溶解，形成軟膠狀態。氨水的溶解力又比小蘇打水大。
- 6.漂白水會溶解各種蛋白質塑膠，溶液的顏色變混濁。也會使奶類和蛋類塑膠的顏色變黃。黃豆塑膠和黑豆塑膠原本就有顏色，所以看不出變色。
- 7.漂白水的主要成分是次氯酸鈉，遇水後可以生成次氯酸，這種成分具有極強的氧化性，對於動物性蛋白，溶解力較強。
- 8.雙氧水對羊奶蛋白溶解力強。

五、如何改善蛋白質塑膠固化易龜裂的問題？

添加明膠來防止固化脆裂及增加延展性的效果會依蛋白質塑膠種類而異。添加明膠對豆類、蛋類薄膜龜裂的改善效果很好，對奶類效果不大，只有成型時增加厚度才能改善奶類固化龜裂的問題。

六、不同種類蛋白質塑膠的最佳應用？

- 1.奶類、蛋類蛋白質塑膠具有黏度佳、不沾手、綿密的特性，適合做黏土。
- 2.牛奶蛋白質塑膠具有硬度高、顏色白的特性，適合做兒童積木。
- 3.加明膠的黑豆蛋白質塑膠、雞蛋蛋白質塑膠具有延展性、不碎裂的特性，適合做薄膜。
- 4.蛋類蛋白質塑膠具有韌度強、延展性高的特性，適合做杯墊。
- 5.加明膠的牛奶蛋白質塑膠、加明膠的豆類蛋白質塑膠具有好塑型、防水的特性，適合做容器、餐具。

參考文獻

1. 顏世枋等(2018)。空氣與燃燒。自然與生活科技五上。台南市：南一。
2. 顏世枋等(2018)。水溶液的性質。自然與生活科技五下。台南市：南一。
3. 顏世枋等(2018)。巧妙的施力工具。自然與生活科技六下。台南市：南一。
4. 黃楷翔(2018)·化腐朽為神漆·中華民國第 58 屆中小學科學展覽會。
5. 陳珮蓁、邱稚筑、蘇子強(2017)·牛奶塑膠異世界·中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。
6. 陳鼎穎、郭亞宸、曾元庠(2016)·蛋妝素抹-探討植物蛋白製作天然塗料之可行性·中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。
7. 葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)·百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討·中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。

【評語】 080206

1. 此作品主要在研究探討以高分子蛋白質做為天然塑膠材料的可行性與差異性，符合國小學生程度的研究主題，有趣又容易掌握。
2. p.30 不同來源蛋白質塑膠的各項性質排行表中的數字屬於定性敘述，建議可提供定量數據(如倍數)？
3. 作品說明書呈顯歷屆全國科展主題相近作品之比較，如，蛋白質來源、新的分析方法來界定凝析效果、著重在蛋白質固化後的用途等，值得鼓勵。但建議增加與科展作品之外的其他文獻報導之異同處。
4. 實驗變因的選擇、如何判定成效以及為何要做這些量測應詳細說明。
5. 自製測量方法及儀器，值得鼓勵，但建議比較新舊方法儀器的效果，以建立新可信度。
6. 有系統性的選擇實驗變因，才能針對結果進行邏輯推理及討論。
7. 自製多樣檢測儀器。在蛋白質固化後的鑑定除了一般材料性質外，還添加了耐熱、燃燒 PM 2.5 量測相當完整、有趣。

摘要

本研究探討以高蛋白質做為天然塑膠材料的可行性與差異性。主要探討不同來源蛋白質的萃取、性質與應用。蛋白質來源包含奶類的牛奶、羊奶等；酪蛋白、雞蛋等；豆類中的黃豆、黑豆等；大豆球蛋白；蛋類中的雞蛋白、鴨蛋白等。利用酸劑凝沉的原理來萃取蛋白質。首先探討不同來源蛋白質的最佳萃取條件，包括溫度、加酸的比例、酸度的種類和pH值。以發透不同儀器判讀的最佳凝析溫度和酸鹼值不同、特性的成效為指標。再自製測量工具與3D列印鑄模，測試各種膠體固化和固化後的特性。最後依據各種膠體的特性，研發不同的用途，例如黏土、桌遊、積木、容器、薄膜等塑膠製品。

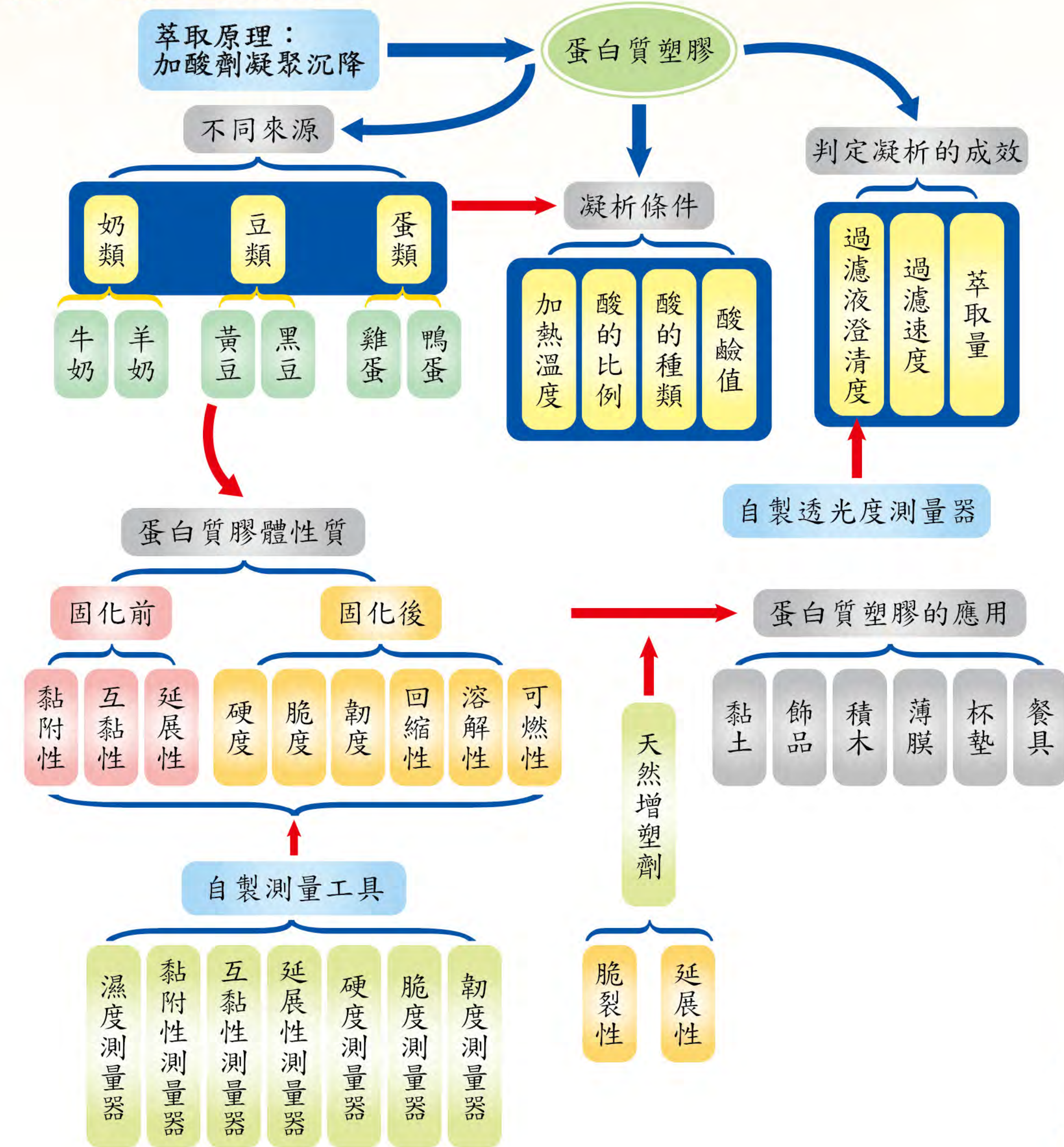
壹、研究動機

我們常看到過期牛奶和豆漿會有結塊分離的現象，那是一種酪蛋白，乾燥後很硬，在還沒有發明化學合成塑膠之前，人們使用它來替代象牙，做成膠材料，是一種天然的蛋白質塑膠。我們針對奶類、豆類、蛋類的蛋白質進行研究。想了解不同蛋白質的最佳萃取條件，並利用不同蛋白質的特性來發展可能的應用。期待能用天然的塑膠材料取代目前的塑膠產品，降低石化塑膠對環境造成的危害。



過期的奶茶、豆漿有結塊分離現象

貳、研究架構圖



(2). 過濾液體的過濾速度：測試過濾液在30秒內過濾的毫升數。

(三)、探討不同因素對不同蛋白質凝析效果的影響：

1. 溫度：

(1). 奶類和豆類：6°C、30°C、50°C、70°C、90°C；雞蛋和鴨蛋：10°C、20°C、30°C、40°C、50°C



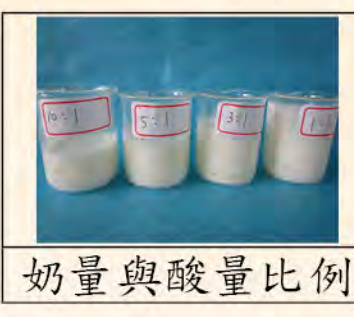
隔水加熱

(2). 將步驟(1)中各蛋白質液，分別加入10 c.c清醋後靜置10分鐘過濾，取澄清液測量透光度、濾紙上的膠體秤重。

2. 蛋白質液與酸的比例：

(1). 準備四杯清醋分別為3mL、6mL、10mL、30mL。

(2). 將蛋白質液加熱到最佳溫度後，分別加入30c.c.的蛋白質液，調配成10：1、5：1、3：1、1：1四種比例。



奶量與酸量比例

3. 酸的種類：

分類	天然食用醋				化學合成醋	
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋
種類	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5
pH值				3		



準備各種酸

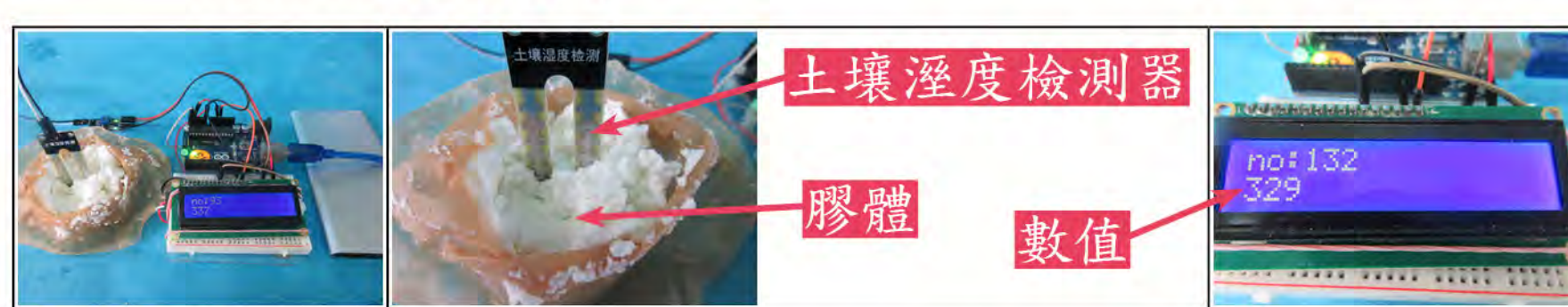
4. pH值：

(1). 用冰醋酸加水稀釋分別調配成pH2、2.5、3、3.5、4等五種酸液。

(2). 準備5杯30mL的蛋白質液加熱到最佳凝析溫度。分別加入四種不同pH值的酸液。

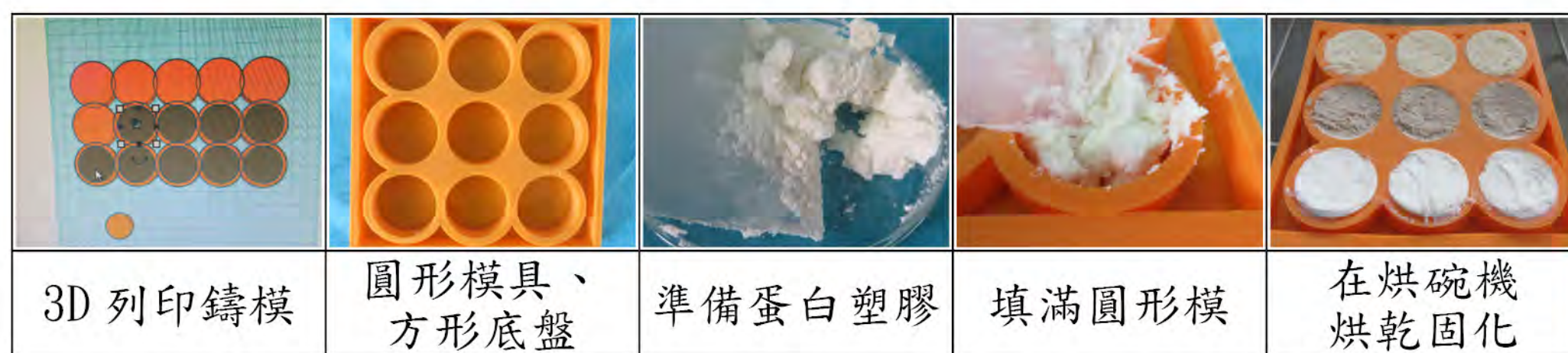
(四)、自製量測工具測定蛋白質塑膠性質：如下。

1. 濕度測量儀：測定膠體濕度，控制膠體濕度，做為測定膠體性質時的控制變項。

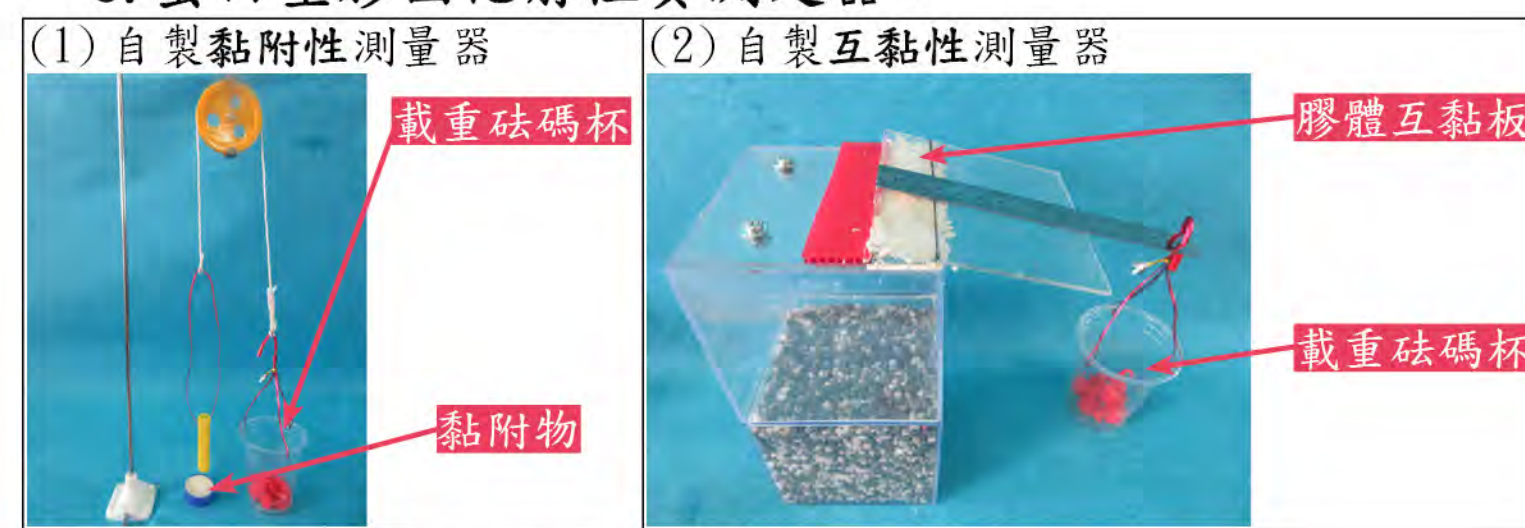


數值

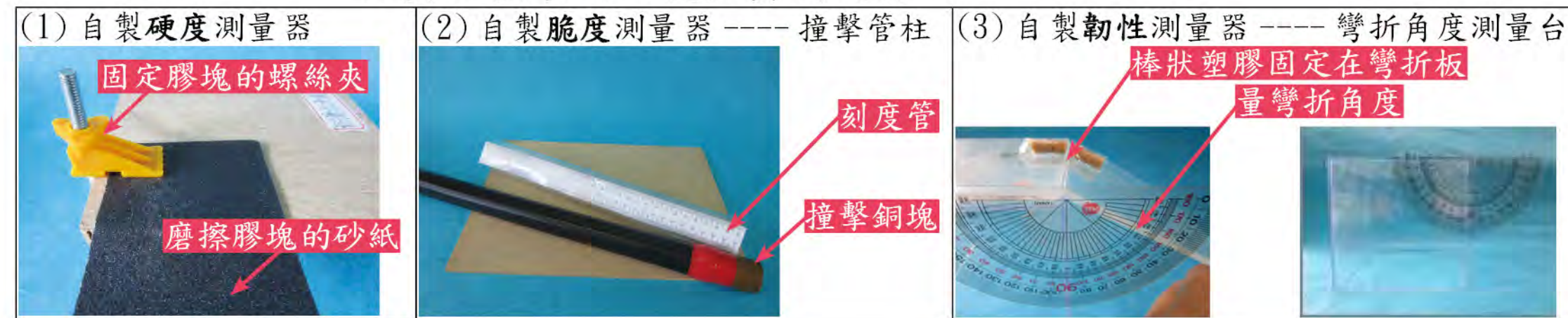
2. 使用3D列印機製作鑄模：將膠體定量鑄模、烘乾、固化成小圓塊，以便進行各項性質測試。



3. 蛋白質膠固化前性質測定器：



4. 蛋白質膠固化後性質測定器：



參、研究目的與問題

- 探討不同來源蛋白質塑膠的最佳凝析條件
 - 1-1 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對奶類酪蛋白凝析效果的影響
 - 1-2 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對豆類大豆球蛋白凝析效果的影響
 - 1-3 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對蛋類卵蛋白凝析效果的影響
- 研究不同來源蛋白質塑膠的性質
 - 2-1 比較不同來源蛋白質塑膠固化前的性質
 - 2-2 比較不同來源蛋白質塑膠固化後的性質
 - 2-3 比較不同來源蛋白質塑膠在不同水溶液的溶解情形
 - 2-4 比較不同來源蛋白質塑膠的燃燒情形
- 研究添加增塑劑對不同來源蛋白質塑膠成型的影響
- 研究不同來源蛋白質塑膠的應用

肆、研究原理

- 不同來源蛋白質的種類：
 1. 酪蛋白(Casein)：酪蛋白是以酪蛋白磷酸鈣酪合物以膠粒狀態存在於乳中，是哺乳動物奶中的主要蛋白質，奶中的乳白色就是酪蛋白造成的。
 2. 大豆球蛋白：豆類主要蛋白。
 3. 蛋白卵蛋白：卵蛋白是禽蛋中蛋白的組成成分。
- 製作蛋白質塑膠的原理——凝聚沉澱(凝析)：
 1. 酪蛋白微球表面帶有負電特性而互相排斥，以懸浮狀態存在牛奶當中。加入酸性物質，中和酪蛋白微球間的負電荷，使其斥力減弱凝集(即達蛋白質之等電點)，互相凝聚成膠狀物如下圖：



蛋白質的變性和凝結

2. 等電點(pI)：在某 pH 之下蛋白質的靜電荷為零，此 pH 值稱為蛋白質的等電點(pI)。不同蛋白質有不同的等電點，產生凝析現象的 pH 值也不同。

伍、研究過程與方法

- 實驗方法與步驟：
 - (一)、蛋白質凝析作用與萃取：

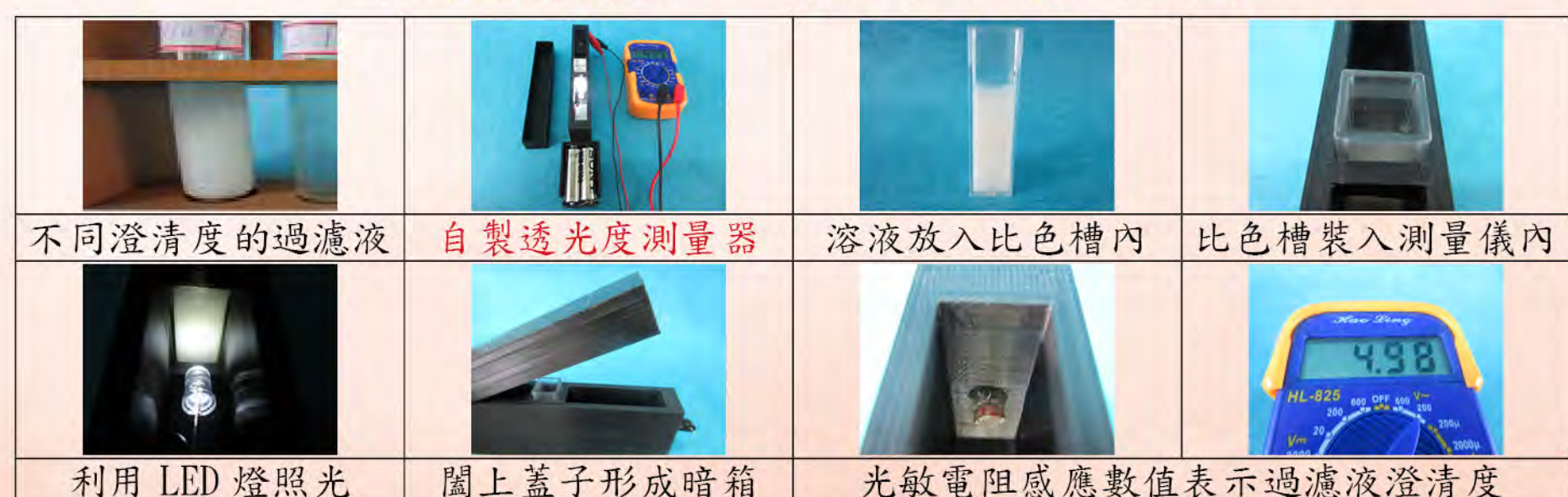


(二)、凝析效果的判定方法：

1. 判定指標：

(1). 過濾液的澄清度：

自製透光度測量器：透光度=I/電阻值來表示。



陸、研究結果

研究一 探討不同來源蛋白質塑膠的最佳凝析條件

實驗一 研究不同條件對奶類蛋白質塑膠凝析現象的影響

實驗一-1 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對牛奶酪蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表一-1-1 蛋白質膠體凝析效果的差異

項目	蛋白質膠體		過濾液	
	效果佳	效果不佳	效果佳	效果不佳
現象				
說明	濾紙上能析出的膠體	濾紙上的液體過濾不下去	透光度好	透光度不好

表一-1-2 不同溫度和酸量對牛奶酪蛋白凝析的效果

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	10:1	5:1	3:1	1:1
重量(gw)	4.3	4.0	4.2	4.0	4.0	3.5	4.4	4.5	水多不易過濾
過濾液									
過濾速度(ml/30s)	1.5ml	2.5ml	3ml	5ml	5ml	3ml	9ml	12ml	5ml
透光度(1/KΩ)	2.08	1.96	1.96	1.92	2.04	0.35	1.89	2.00	0.43
pH值	3.9	4	4.1	3.7	3.8	4.8	4.2	3.8	3.5

表一-1-3 酸種類與pH值對牛奶酪蛋白凝析的效果

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH值	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5	2	2.5	3	3.5	4
重量(gw)	6.4	6.1	6.7	5.1	未乾	6.6	未乾	4.3	濾不出	濾不出	濾不出
過濾液											
過濾速度(ml/30s)	0.5ml	0.5ml	0.5ml	0.5ml	0.5ml	6ml	1ml	5ml	1ml	22ml	31ml
透光度(1/KΩ)	0.78	0.76	0.76	0.97	1.13	0.75	0.98	0.57	2.79	3.02	2.96
pH值	3.8	4.0	3.8	4.2	2.7	3.8	3.4	4.0	5.5	6.6	6.4

實驗一-2 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對羊奶酪蛋白凝析效果的影響

(一)、實驗結果：

表一-2-1 不同溫度和酸對羊奶酪蛋白凝析的效果

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1:1	3:1	5:1	10:1
重量(gw)	3.9	4.0	4.0	4.4	4.3	未乾	5.1	5.0	5.0
過濾液									
過濾速度(ml/30s)	3ml	3.5ml	6ml	11ml	12ml	4ml	9ml	5ml	4ml
透光度(1/KΩ)	0.51	1.08	1.37	1.64	1.47	1.00	1.75	1.59	1.54
pH值	3.6	4.0	3.6	3.9	3.7	3.3	4.0	4.2	4.6

表一-2-2 酸種類與pH值對羊奶酪蛋白凝析的效果

分類	食用醋				化學合成醋		化學合成醋				
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH值	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5	2	2.5	3	3.5	4
重量(gw)	4.2	4.1	4.4	未乾	未乾	3.7	4.1	4.7	濾不出	濾不出	濾不出
過濾液											
過濾速度(ml/30s)	6ml	7.5ml	7ml	0.5ml	1.2ml	6ml	5ml	12ml	2ml	19ml	40ml
透光度(1/KΩ)	1.22	0.63	1.45	1.28	0.93	1.05	0.88	1.52	0.89	0.62	0.51
pH值	4.2	4.0	3.9	4.3	2.9	4.0	3.4	3.9	5.2	6.0	6.4

實驗二 研究不同條件對豆類蛋白質膠凝析現象的影響

實驗二-1 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對黃豆球蛋白凝析效果的影响

(一)、實驗結果：

表二-1-1 黃豆漿加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影响

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1:1	3:1	5:1	10:1
重量 (gw)	3.7	3.7	3.8	3.2	3.5	3.5	3.6	3.8	3.5
過濾液									
過濾速度 (ml/30s)	0.5ml	8ml	11ml	7ml	2ml	5ml	1ml	2ml	1ml
透光度 (1/KΩ)	1.92	1.41	1.35	1.39	1.23	0.99	1.28	1.35	1.15
pH 值	4	3.6	3.9	4	4.1	3.4	3.9	4.1	4.4

表二-1-2 酸種類與 pH 值對黃豆球蛋白凝析效果的影响

分類	食用醋					化學合成醋					
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5	2	2.5	3	3.5	4
重量 (gw)	3.7	3.8	3.1	未乾	未乾	3.4	3.4	3.4	3.4	不易乾	不易乾
過濾液											
過濾速度 (ml/30s)	2.5ml	7ml	2ml	1ml	1ml	6ml	0.5ml	8ml	0.5ml	1.5ml	7ml
透光度 (1/KΩ)	1.56	1.28	1.85	1.09	0.31	1.64	1.03	1.39	1.67	0.75	0.73
pH 值	3.8	4.2	4.1	4.1	2.6	3.9	3.5	4.1	5.3	6.5	6.5

實驗二-2 加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對黑豆球蛋白凝析效果的影响

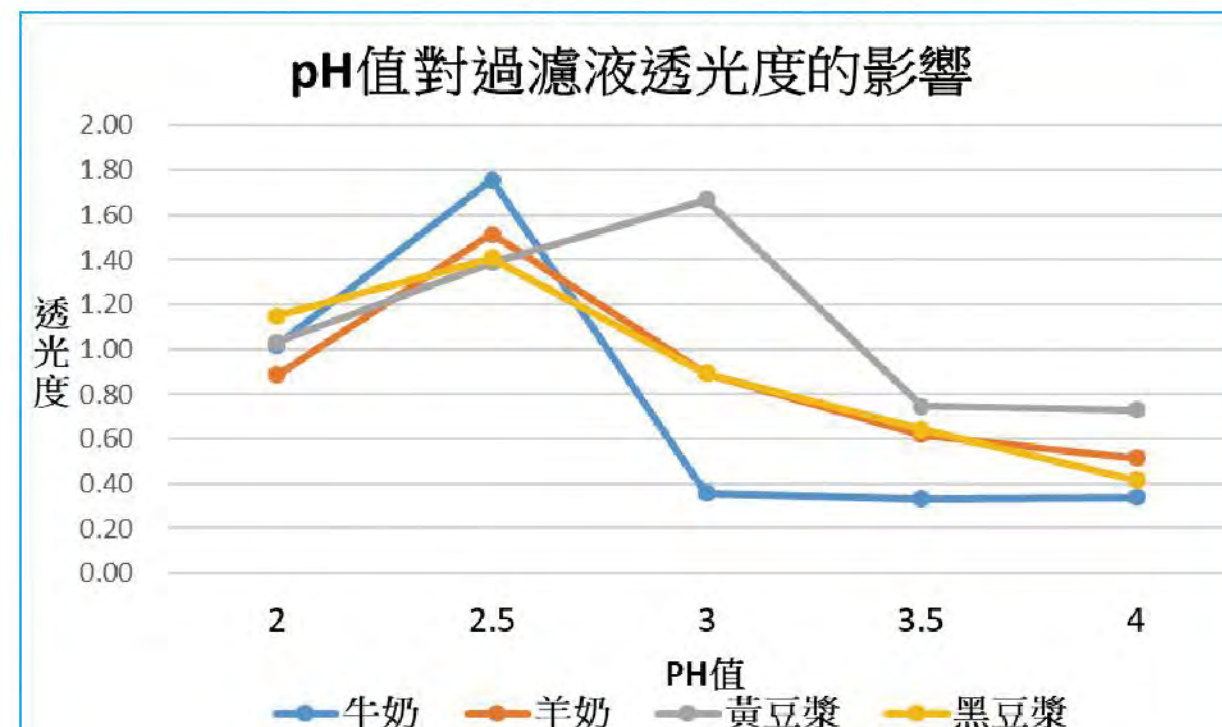
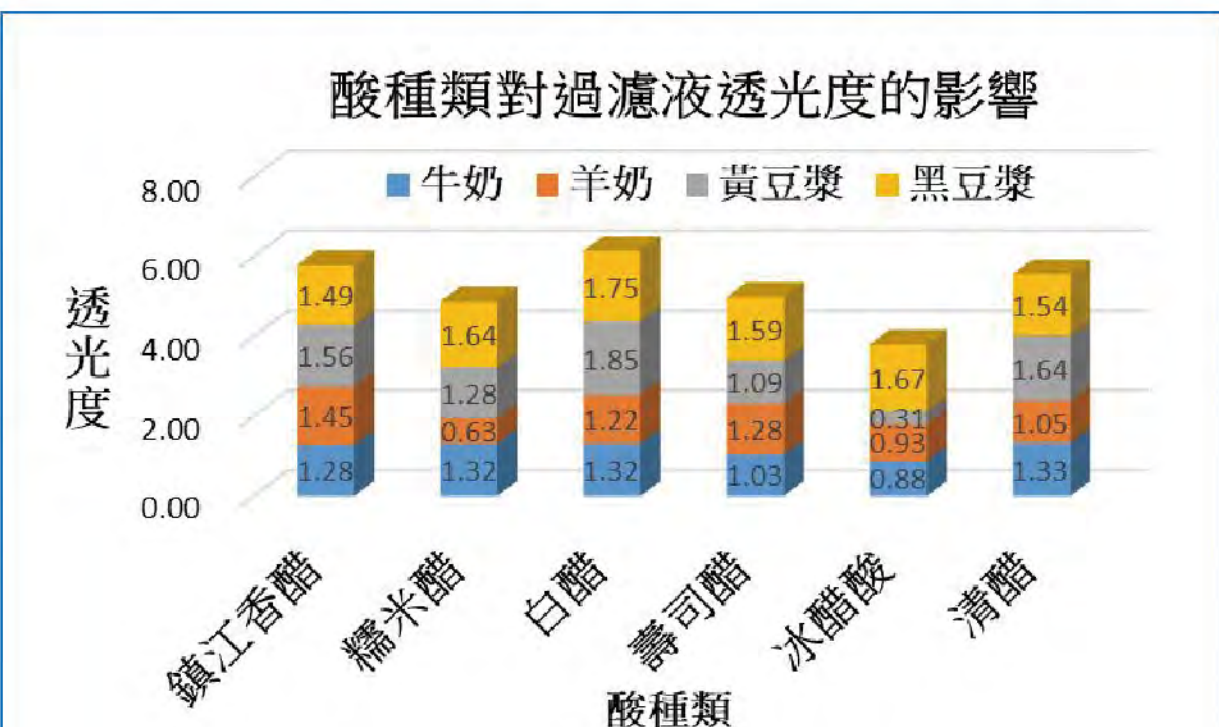
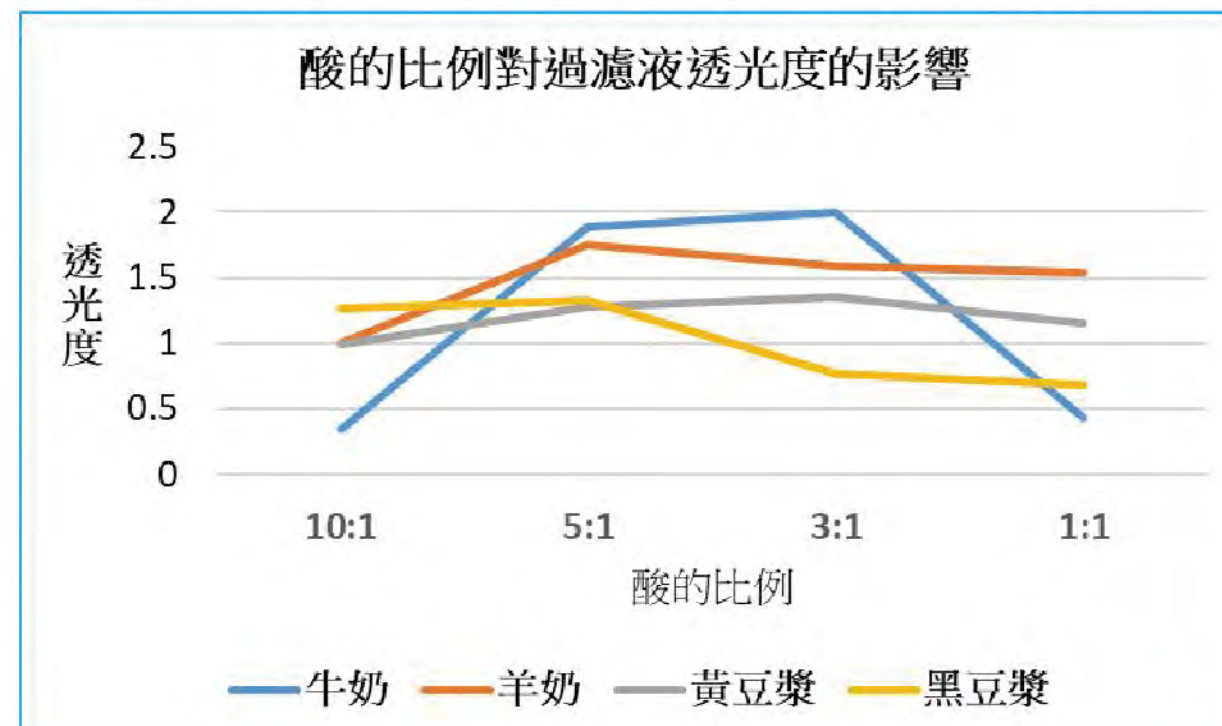
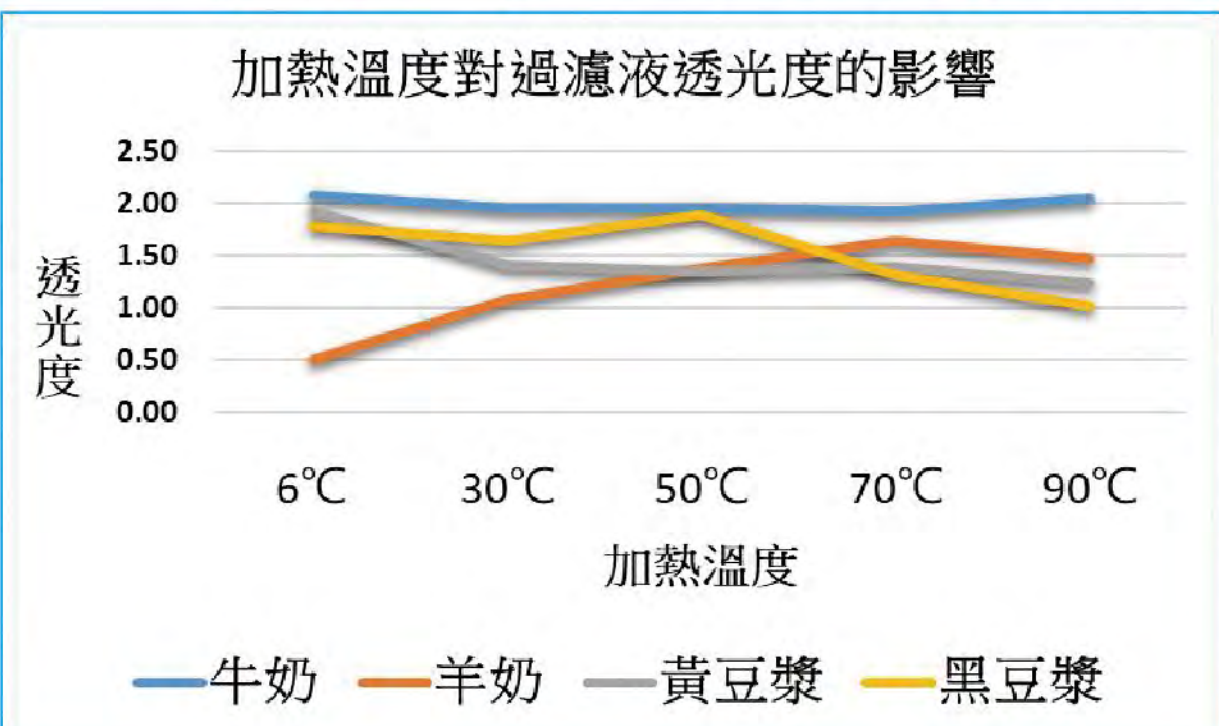
(一)、實驗結果：

表二-2-1 黑豆漿加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影响

溫度	6°C	30°C	50°C	70°C	90°C	1:1	3:1	5:1	10:1
重量 (gw)	3.2	3.4	4.0	3.6	3.6	3.3	3.7	3.9	4.3
過濾液									
過濾速度 (ml/30s)	7ml	10ml	10ml	5ml	9ml	13ml	1ml	1ml	11ml
透光度 (1/KΩ)	1.79	1.64	1.89	1.32	1.02	1.27	0.68	0.77	1.33
pH 值	3.7	3.7	3.7	3.9	3.7	3.3	4.5	4.3	3.9

表二-2-2 酸種類與 pH 值對黑豆球蛋白凝析效果的影响

分類	食用醋					化學合成醋					
	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋	冰醋酸	清醋	冰醋酸稀釋				
pH 值	2.3	2.5	2.5	3	0	2.5	2	2.5	3	3.5	4
重量 (gw)	3.5	3.4	3.6	不易乾	不易乾	3.4	不易乾	3.7	3.5	3.5	未乾
過濾液											
過濾速度 (ml/30s)	5ml	0.1ml	5ml	0.1ml	5ml	0.1ml	1ml	2.5ml	1.5ml	2ml	0.5ml
透光度 (1/KΩ)	1.49	1.64	1.75	1.59	1.67	1.54	1.15	1.41	0.89	0.64	0.42
pH 值	4.6	4.3	4.2	4.2	2.8	4.3	3.4	4	5.0	5.7	6.6

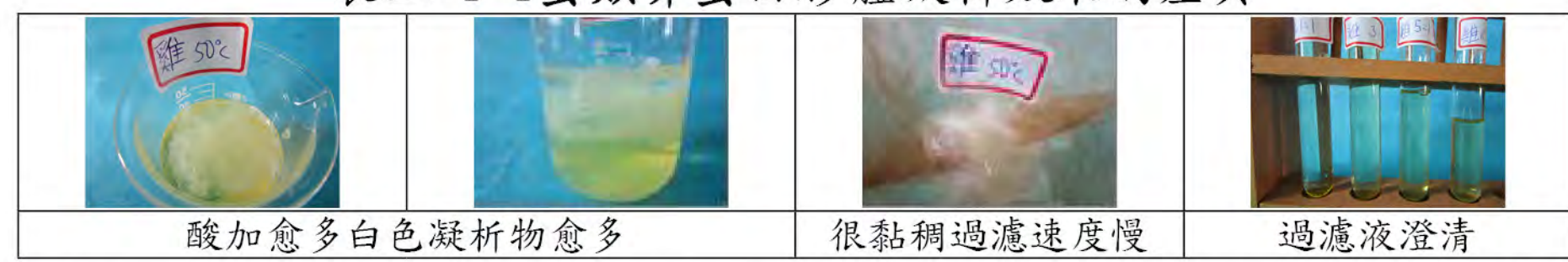


實驗三 研究不同條件對蛋類蛋白質膠凝析現象的影响

實驗三-1 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對雞蛋蛋白凝析效果的影响

(一)、實驗結果：

表三-1-1 蛋類蛋白膠凝析效果的差異



表三-1-2 雞蛋蛋白加熱溫度、和酸混合的比例對凝析效果的影响

溫度	10°C	30°C	40°C	50°C
凝析結果				
雞蛋白:酸	1:1	3:1	5:1	10:1
凝析結果				
酸分類	食用醋			
酸種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋
酸 pH 值	2.3	2.5	2.5	3
凝析結果				
酸分類	化學合成醋			
酸種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋
酸 pH 值	2.3	2.5	2.5	3
凝析結果				

實驗三-2 研究加熱溫度、酸量、酸種類、酸鹼值對鴨蛋蛋白凝析效果的影响

(一)、實驗結果：

表三-2-2 鴨蛋蛋白加熱溫度以及和酸混合的比例對凝析效果的影响

溫度	10°C	30°C	40°C	50°C
凝析結果				
鴨蛋白:酸	1:1	3:1	5:1	10:1
凝析結果				
酸分類	食用醋			
酸種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋
酸 pH 值	2.3	2.5	2.5	3
凝析結果				
酸分類	化學合成醋			
酸種類	鎮江香醋	糯米醋	白醋	壽司醋
酸 pH 值	2.3	2.5	2.5	3
凝析結果				

結果：蛋類用冰醋酸以1:1的量，就可以讓蛋白全部都凝析成膠體。

研究二 研究不同來源蛋白膠凝化前後的性質

實驗四 比較不同來源蛋白膠凝化前的性質

實驗四-1 不同蛋白膠凝的黏附性

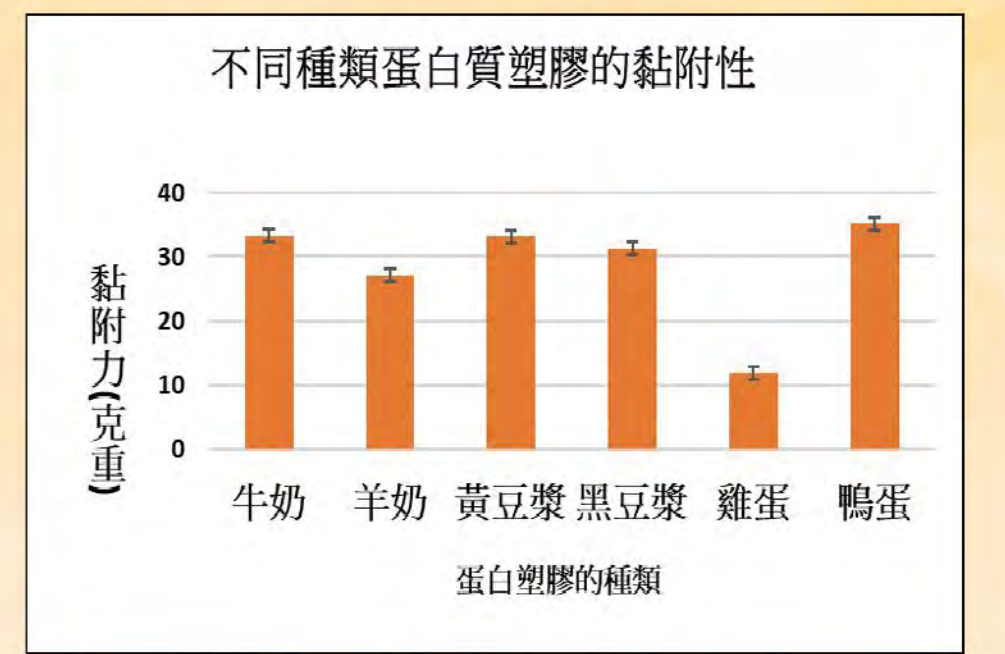
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表四-1 不同蛋白膠凝的黏附性比較

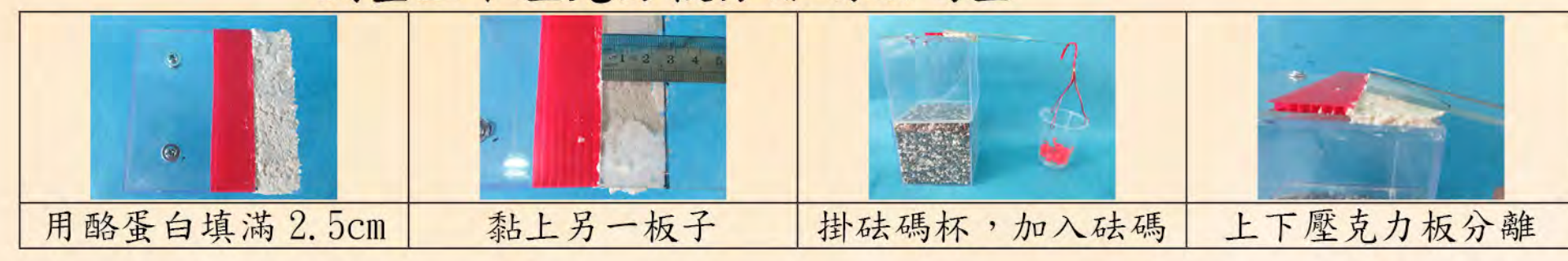
種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵蛋白	
克重	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
第一次	33.3	27.4	33.2	31.4	11.8	35.2
第二次	31.3	26.5	33.3	31.8	11.7	35.3
第三次	35.3	27.2	33.3	30.8	11.8	35.2
平均黏附力	33.3	27	33.2	31.3	11.8	35.2



實驗四-2 不同蛋白膠凝的互黏性

(一)、實驗步驟：

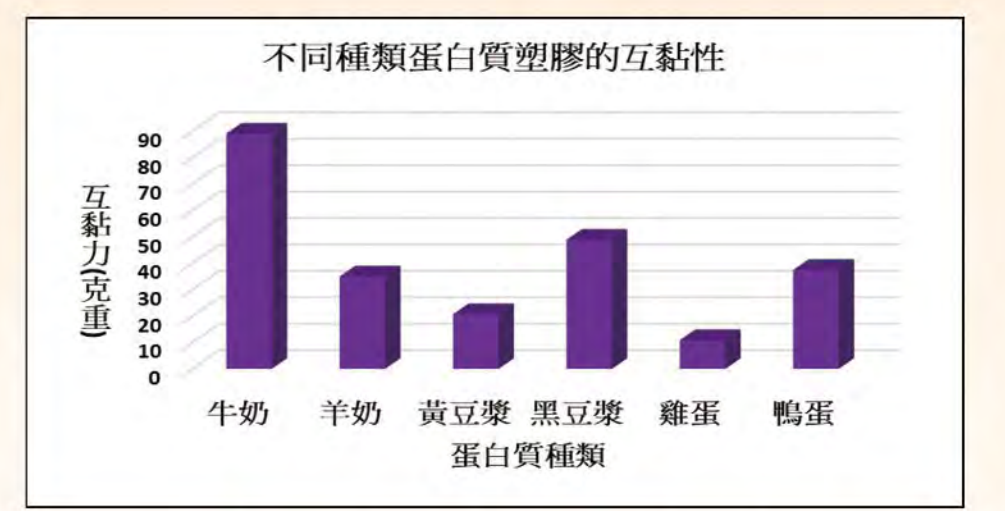
測量上下壓力板分離的砝碼重



(二)、實驗結果：

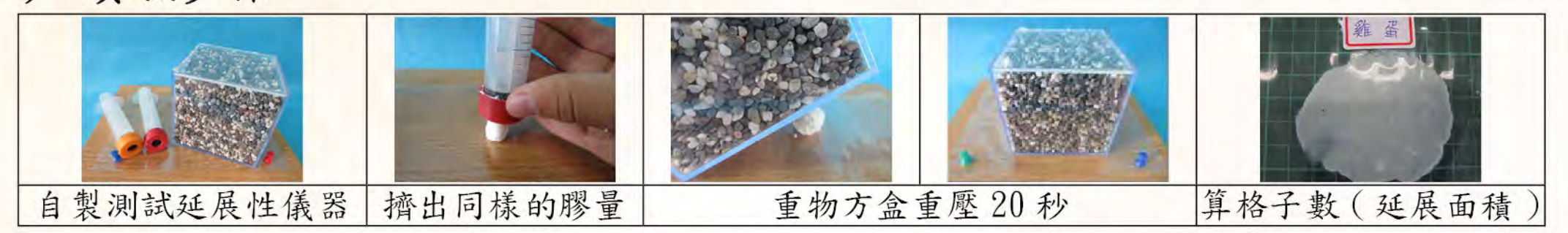
表四-2 不同蛋白膠凝的互黏性

種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵蛋白	
克重	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均	89.1g	35g	20.7g	48.9g	10.9g	37.5g



實驗四-3 不同蛋白膠凝的延展性

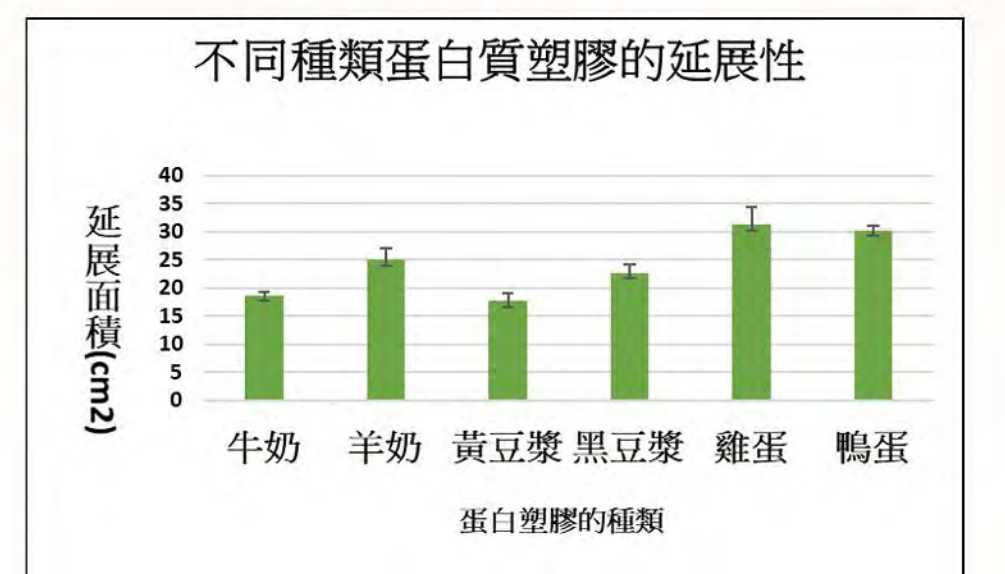
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表四-3 不同蛋白膠凝的延展性

種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵蛋白	
格數	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均面積	18.6cm ²	25cm ²	17.6cm ²	22.6cm ²	31.2cm ²	30.2cm ²



實驗五 比較不同來源蛋白膠凝化後的性質

實驗五-1 不同來源蛋白膠凝化後的回縮性

(一)、實驗步驟：

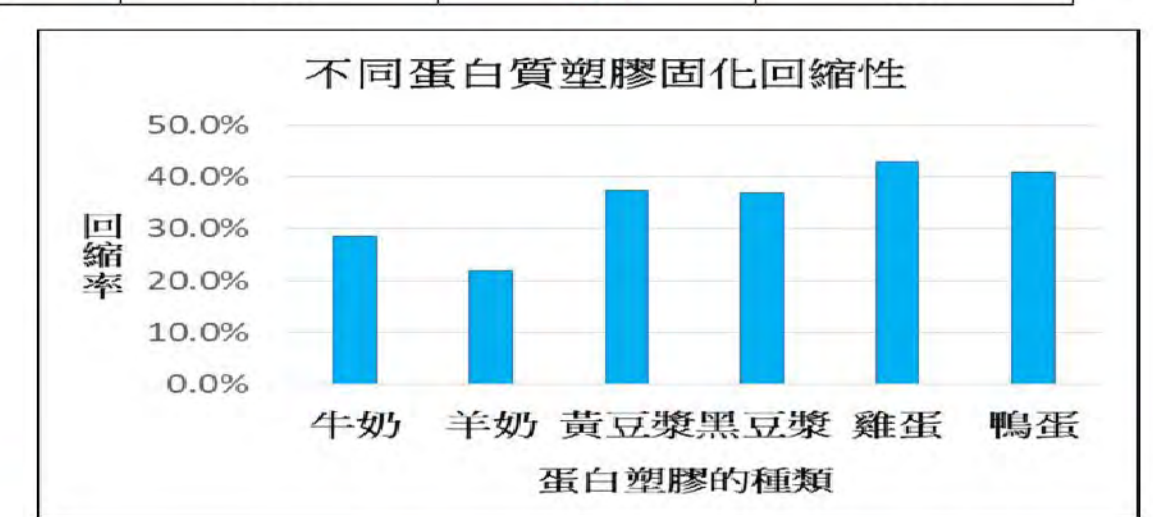
回縮性計算：固化前後的直徑縮小百分比。



(二)、實驗結果：

表五-1 不同種類蛋白膠凝化後的回縮性

蛋白膠凝種類	牛奶膠凝	羊奶膠凝	黃豆膠凝	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
顏色	白色	鵝黃	棕色	黑色	淡黃透明	白色透明
烘乾後						
回縮率	28.5%	22%	37.5%	37%	43%	41%



實驗五-2 不同蛋白膠凝的硬度

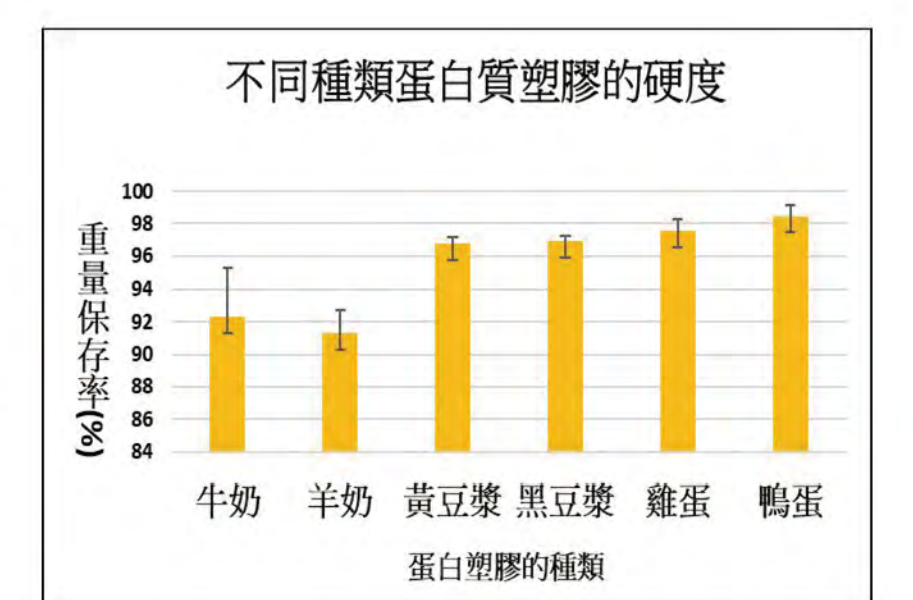
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表五-2 不同蛋白膠凝的硬度比較

種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵蛋白	
磨損率	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均保留率	92.34%	91.28%	96.74%	96.89%	97.54%	98.43%



實驗五-3 不同蛋白膠凝的脆度比較

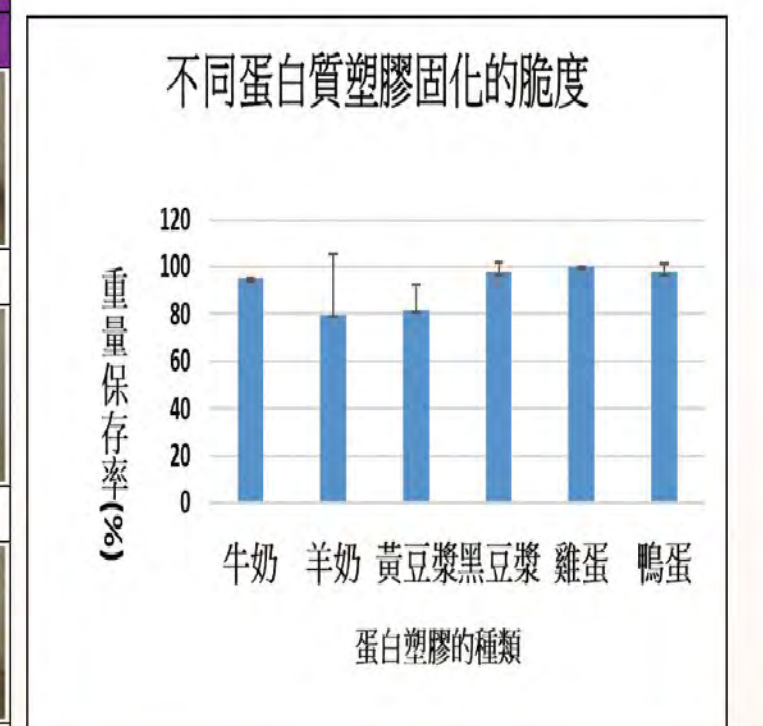
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表五-3 不同蛋白膠凝抗撞擊測試

次數	種類	牛奶膠凝	羊奶膠凝	黃豆膠凝	黑豆漿	雞蛋膠凝	鴨蛋膠凝
5 次	重量減少率	4.76%	5.55%	15.38%	7.14%	0.13%	0%
	照片						
10 次	重量減少率	5.00%	5.88%	9.09%	0.1%	0.12%	6.66%
	照片						
15 次	重量減少率	5.26%	50%	30%	0.1%	0.14%	0%
	照片						
製成兩塊的撞擊次數		15 次	10 次	15 次	> 60 次	> 25 次	> 25 次
平均重量減少率		5.00%	20.47%	18.15%	2.38%	0.13%	2.22%



實驗五-4 各種蛋白膠凝的韌度 (耐彎折程度, 即好不好折斷)

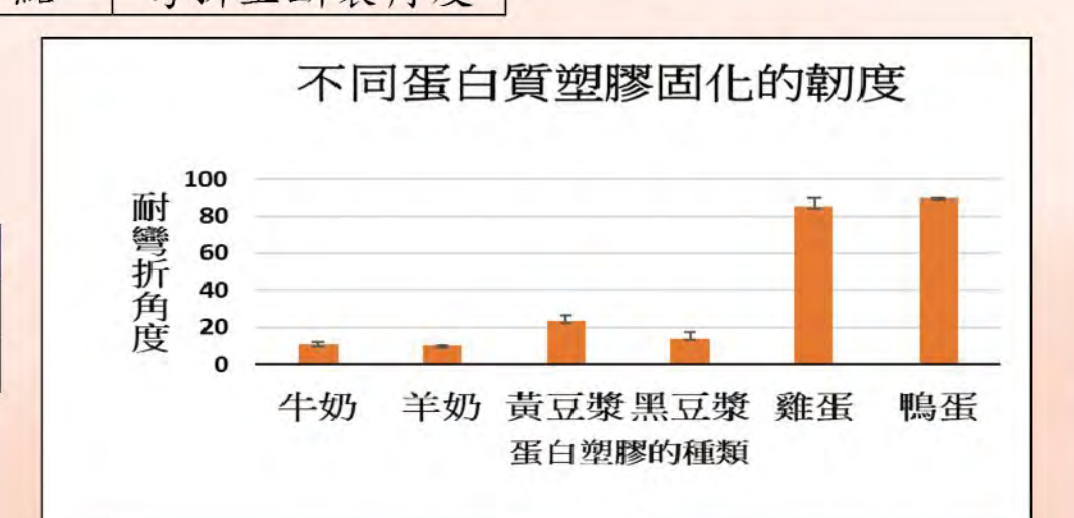
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表五-4 各種蛋白膠凝耐彎折角度

種類	酪蛋白		大豆球蛋白		卵蛋白	
角度	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
平均	10.7度	10度	23.3度	14度	85度	90度



實驗六不同來源蛋白塑膠在不同水溶液的溶解情形

(一)、實驗步驟：

將各種小圓塊蛋白塑膠浸泡在六種水溶液中，24小時後觀察膠體變化情形，撈出待乾秤重，計算重量減少率。

(二)、實驗結果：

表六不同蛋白塑膠在不同溶液溶解後的重量減少率

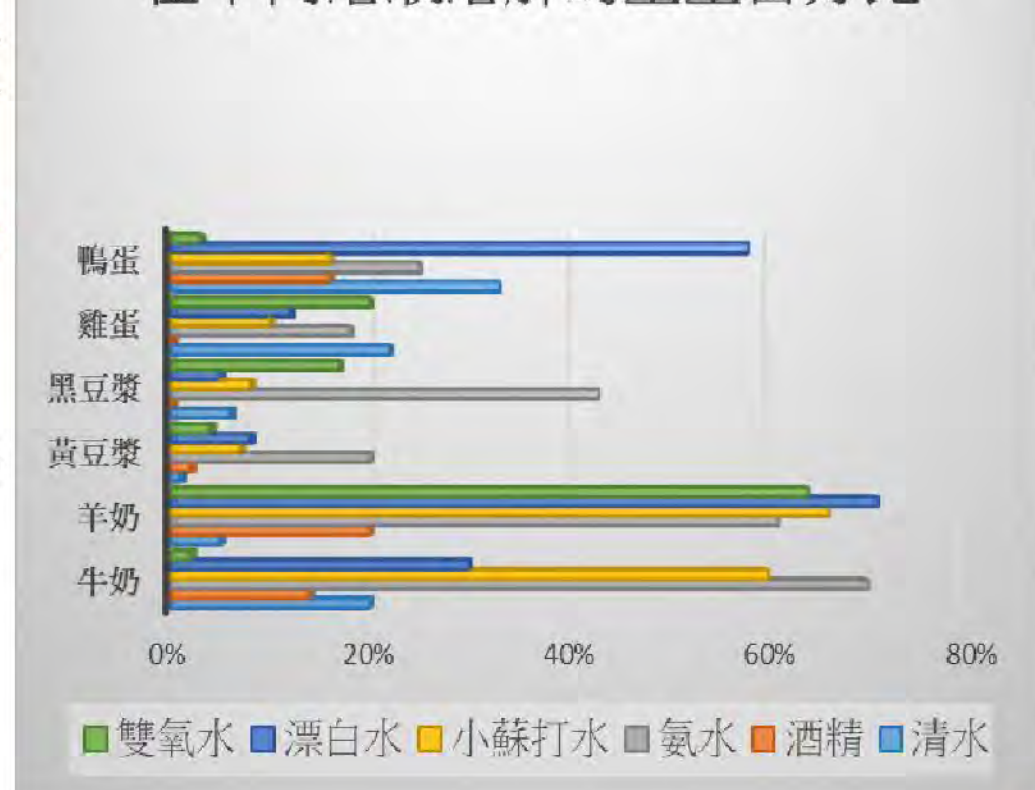
溶解情形	種類	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋	總溶解克數%
中性溶液	清水							87
	重量減少率	20%	5%	1%	6%	22%	33%	
中性溶液	酒精							52.2
	重量減少率	14%	20%	2%	0.1%	0.1%	16%	
鹼性溶液	氨水							237
	重量減少率	70%	61%	20%	43%	18%	25%	
鹼性溶液	小蘇打水							167
	重量減少率	60%	66%	7%	8%	10%	16%	
酸性溶液	漂白水							184
	重量減少率	30%	71%	8%	5%	12%	58%	
酸性溶液	雙氧水							110
	重量減少率	2%	64%	4%	17%	20%	3%	

結論：

- 酒精對各種蛋白質塑膠的溶解性低；鹼性的氨水和小蘇打對各種蛋白質塑膠溶解力強。
- 漂白水的主要成分對於動物性蛋白，溶解力較強，變黃色。
- 雙氧水對羊奶蛋白溶解力強。
- 黃豆蛋白最不容易被分解；羊奶蛋白最容易被分解。

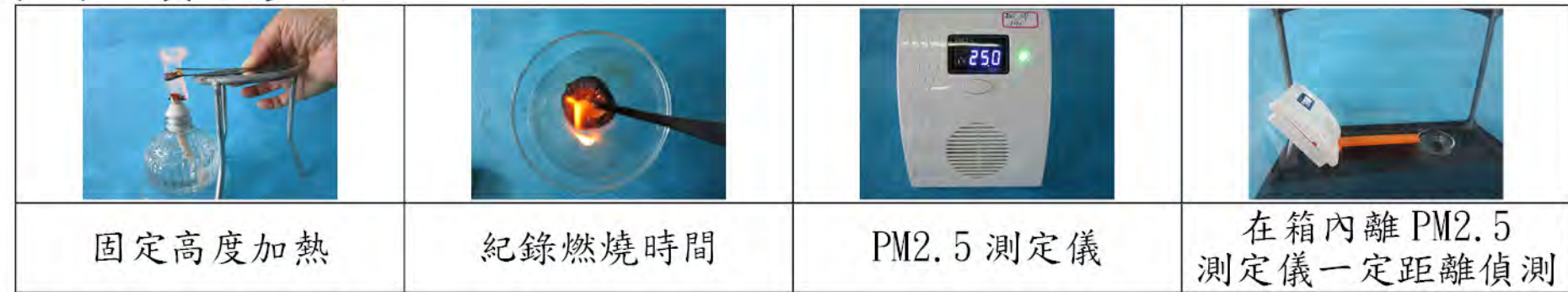


在不同溶液溶解的重量百分比



實驗七不同來源蛋白塑膠的燃燒情形

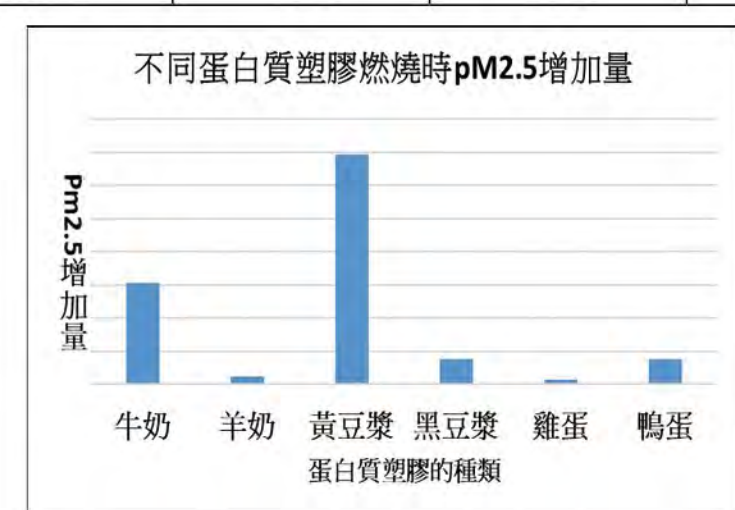
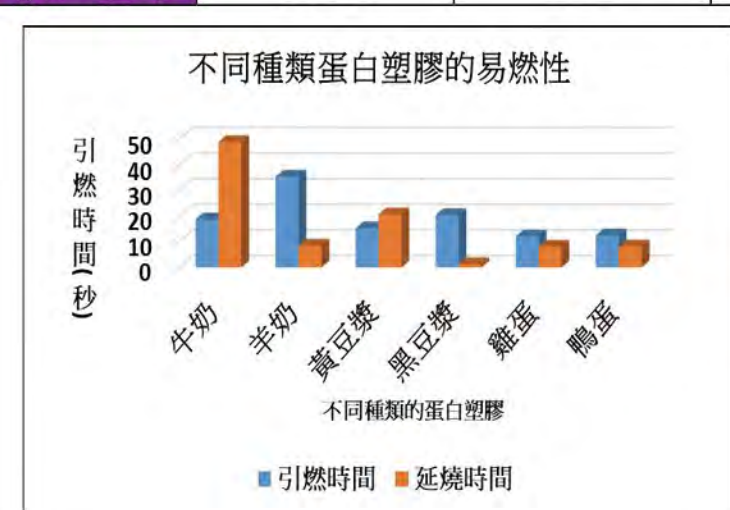
(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表七比較不同來源蛋白塑膠的燃燒情形

觀察項目	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
引燃時間	18秒78	35秒47	15秒33	20秒47	12秒10	23秒53
延燒時間	49秒01	8秒52	20秒73	1秒28	8秒07	8秒12
煙的顏色	白色	白色	白色	白色	白色	白色
火焰的顏色	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅	橘紅
PM2.5(增加量)	30.5	2.2	69.4	7.5	1.5	7.6



柒、結論

- 除了牛奶酪蛋白之外，奶類中的羊奶酪蛋白；豆類中的黃豆、黑豆的大豆球蛋白；蛋類中的雞蛋、鴨蛋蛋白的卵蛋白也都可以用酸劑凝析出膠狀的蛋白質塑膠。
- 判定蛋白質的凝析效果
 - 自製光敏電阻透光度測量儀測量過濾液透光度，愈小，透光度以1/電阻值表示，可來判定蛋白質凝析效果。
 - 在過濾液澄清的條件下，過濾速度快，也代表蛋白質凝析效果愈好。
- 不同來源蛋白質的凝析條件
 - 不同來源蛋白質塑膠的特徵與最佳凝析條件如下表：

種類	奶類	豆類	蛋類
凝析現象			
特徵	凝析物較綿密顆粒小且均勻	凝析物成塊狀	凝析物緊密黏住有彈性
蛋白質膠體			
特徵	白色、綿密	白色、間隙較大	淡黃色、綿密、不黏手
最佳凝析條件	6°C、清醋、pH2.5、3:1	加熱至50°C、糯米醋、pH2.5、5:1	加熱至50°C、冰醋酸、pH0、1:1
蛋白質膠體			
特徵	棕色、較軟、較滑	咖啡色、間隙較大	白色、綿密、不黏手
最佳凝析條件	加熱至70°C、白醋、pH2.5、3:1	加熱至50°C、白醋、pH2.5、10:1	加熱至50°C、冰醋酸、pH0、1:1

- 溫度對羊奶酪蛋白萃取影響最大，而牛奶對溫度的穩定度較高。
- 酸與牛奶的比例或酸的pH值對牛奶酪蛋白萃取影響很大，而豆類對酸的穩定度則較高。
- 蛋類塑膠的萃取方式和奶類豆漿類差異很大，所需要的酸pH值很低，酸量接近蛋白的量時，可以全部變成膠體。
- 天然發酵的醋萃取奶、豆類蛋白的效果比化學合成的好。

四、不同來源蛋白質塑膠的性質

(一)、

不同來源蛋白質塑膠的各項性質排行表(由大到小)

種類	固化前			固化後			燃燒			
	黏附性	互黏性	延展性	回縮性	硬度	脆度	韌度	易燃性	延燒時間	PM2.5
牛奶	2	1	5	5	5	4	5	4	6	2
羊奶	5	4	3	6	6	6	5	1	4	5
黃豆	3	5	6	3	4	5	3	5	5	1
黑豆	4	2	4	4	3	3	4	3	1	3
雞蛋	6	6	1	1	2	1	2	6	2	6
鴨蛋	1	3	2	2	1	2	1	2	3	4

- 固化後的各項性質有蠻高的一致性。
- 蛋類蛋白質膠體具有較優的塑膠材料特性，例如，延展性佳、硬度大、韌度強、脆度低，產生的PM2.5少，但是缺點是回縮性太大。

(二)、在不同溶液的溶解性

- 清水中和酒精對豆類蛋白質塑膠的溶解力低。
- 鹼性的氨水和小蘇打水最易使奶類蛋白質塑膠溶解，形成軟膠狀態。氨水的溶解力又比小蘇打水大。
- 漂白水有極強的氧化性，對於動物性蛋白，溶解力較強。
- 雙氧水對羊奶蛋白溶解力強。
- 黃豆蛋白最不容易被分解；羊奶蛋白最容易被分解

五、改善蛋白質塑膠固化易龜裂的問題

添加明膠來防止固化脆裂及增加延展性的效果會依蛋白質塑膠種類而異。添加明膠對豆類、蛋類薄模龜裂的改善效果很好，對奶類效果不大，只有成型時增加厚度才能改善奶類固化龜裂的問題。

六、不同種類蛋白質塑膠的最佳應用

- 奶類、蛋類蛋白質塑膠具有黏度佳、不沾手、綿密的特性，適合做黏土。
- 牛奶蛋白質塑膠具有硬度高、顏色白的特性，適合做兒童積木。
- 加明膠的黑豆蛋白質塑膠、雞蛋蛋白質塑膠具有延展性、不碎裂的特性，適合做薄膜。
- 蛋類蛋白質塑膠具有韌度強、延展性高的特性，適合做杯墊。
- 加明膠的牛奶蛋白質塑膠、加明膠的豆類蛋白質塑膠具有好塑型的特性，適合做容器、餐具。

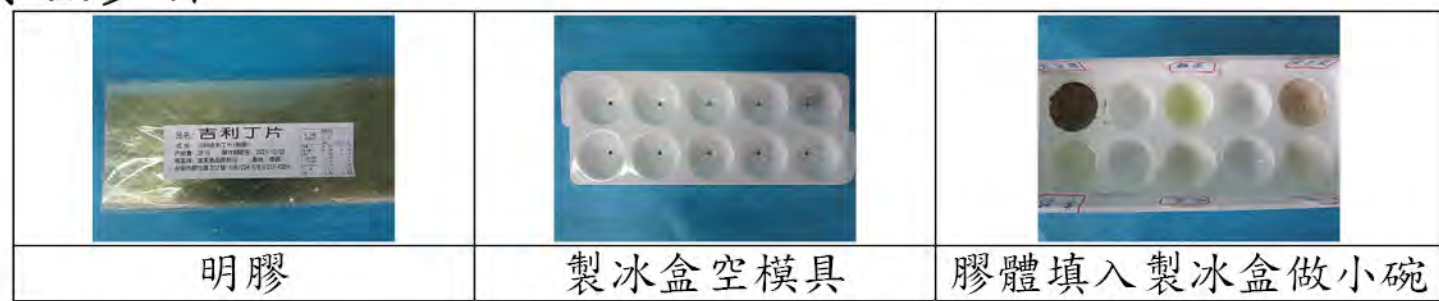
捌、參考文獻

- 顏世枋等(2018)。空氣與燃燒。自然與生活科技五上。台南市：南一。
- 顏世枋等(2018)。水溶液的性質。自然與生活科技五下。台南市：南一。
- 顏世枋等(2018)。巧妙的施工工具。自然與生活科技六下。台南市：南一。
- 黃楷翔(2018)。化腐朽為神漆。中華民國第58屆中小學科學展覽會
- 陳佩蓉、邱雅旋、蘇子強(2017)。牛奶塑膠異世界。中華民國第57屆中小學科學展覽會
- 陳鼎穎、郭亞宸、曾元序(2016)。蛋妝素抹-探討植物蛋白製作天然塗料之可行性。中華民國第56屆中小學科學展覽會
- 葉亞欣、楊秉澄、林冠宇(2012)。百黏好合一動物性與植物性蛋白質製成蛋白膠水的探討。中華民國第52屆中小學科學展覽會

研究三 添加增塑劑對蛋白質塑膠成型的影响

實驗八 添加明膠對蛋白質塑膠成型的影响

(一)、實驗步驟：



(二)、實驗結果：

表八添加天然增塑劑對塑膠破裂程度的改善情形

狀態	酪蛋白		大豆球蛋白		卵白蛋白	
	牛奶	羊奶	黃豆漿	黑豆漿	雞蛋	鴨蛋
薄膜 不添加明膠						
破裂情形	龜裂嚴重	龜裂嚴重	小龜裂	小龜裂	小縫隙	小縫隙
延展面積	18cm ²	39cm ²	17cm ²	33cm ²	31cm ²	30cm ²
添加明膠						
破裂情形	小龜裂	完整	完整	小裂	完整	完整
延展面積	26cm ²	38cm ²	30cm ²	24cm ²	32cm ²	31cm ²
小碗 不添加明膠						
破裂情形	裂開	裂開	內部微裂	內部微裂	完整	完整
添加明膠						
破裂情形	邊緣小裂	邊緣裂開	邊緣小裂	邊緣小裂	完整	完整

(三)、發現與討論：

添加明膠對豆類、奶類薄膜龜裂的改善效果很好。

研究四 研究不同來源蛋白塑膠的應用

研究構想：根據蛋白質塑膠不同的性質做不同的應用

應用(一)黏土

製作條件	適用的塑膠來源
黏度佳、不沾手、綿密	a. 奶類蛋白質塑膠 b. 蛋類蛋白質塑膠
製作方式、成品	
可使用火龍果汁調色	奶類蛋白質塑膠黏土 蛋類蛋白質塑膠

應用(二)自製鑰匙圈飾品

製作條件	適用的塑膠來源	製作方式	成品
硬度高、顏色白	加明膠的牛奶蛋白質塑膠	將明膠牛奶蛋白質塑膠黏土捏成立體的小兔頭	

應用(三)食品包裝用薄膜

製作條件	適用的塑膠來源	製作方式、成品
延展性佳不碎裂	a. 加明膠的黑豆蛋白質塑膠 b. 加明膠的雞蛋蛋白質塑膠	
加明膠的雞蛋蛋白質塑膠放入塑膠袋中，用重物壓平後再烘乾	明膠黑豆蛋白質塑膠膠膜	明膠黑豆蛋白質液放在烤盤上烘乾製成塑膠膜