

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二)(環保與民生)

組 別：國小組

作品名稱：小兵立大功~牛奶塑膠之應用探討

關 鍵 詞： 牛奶、酪蛋白、再生紙 (最多三個)

編號： A7123

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號：自報名系統報名完取得作品編號後，先填寫回作品封面上，再存成 docx 及 pdf 檔後再上存。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

小兵立大功~牛奶塑膠之應用探討

摘要

利用生活中隨手可得的食用醋與牛奶，製作牛奶塑膠，並結合再生紙漿或其他物質，製成牛奶塑膠複合材料是我們這次研究的目標。我們透過文獻分析與實驗驗證，發現將 1 等分的「食用醋」加入 4 等分的「脫脂牛奶」中，即以 1：4 的比例所產生的酪蛋白反應較快、生成量較多。我們也嘗試探究不同脂肪含量的牛奶與牛奶溫度對酪蛋白生成的影響，發現以脫脂牛奶、40°C~室溫所產生的酪蛋白反應速度佳、生成量多，且黏稠度佳，與再生紙漿的膠結效果好。而在牛奶塑膠的複合材料應用探討方面，因受限於研究期程，我們以等比例的牛奶塑膠與再生紙漿製作出形體完整且較堅固不異碎裂的牛奶塑膠紙磚，但以牛奶塑膠紙磚用於植物育苗或植生牆之搭建，則需後續更長遠的努力研究。

壹、研究動機

在我們的一日生活當中，塑膠袋、飲料杯、吸管.....塑膠產品不斷被製造、使用與丟棄，而且很多都只使用過一次。這樣的一次性垃圾，不僅浪費，更因無法分解而成為危害地球生態環境的恐怖殺手。於是我們在網路上收集、閱讀了一些關於塑膠議題的資料，發現在塑膠尚未發明前，竟然有「牛奶塑膠」這種有趣的玩意。牛奶塑膠可以用來當做黏著劑、製作飾品，也有研究將它拿來做為 3D 列印的材料，讓我們覺得很神奇。我們希望能試著用生活中隨手可得的材料與器具來製作牛奶塑膠，更希望進一步探索牛奶塑膠混和其他材料的可能應用。期待透過我們的小小發想與研究，也許有一天，牛奶塑膠能重新回到我們的生活中，取代滿是問題的化學塑膠，讓我們不再談「塑」色變，讓生活更環保、世界更美麗。

貳、研究目的與問題

一、利用生活中可取得的材料製作牛奶塑膠

- 1、透過文獻資料探討製作牛奶塑膠時，牛奶與醋的最佳比例為何？
- 2、以實驗驗證製作牛奶塑膠時，牛奶與醋的最佳比例為何？

二、探討影響牛奶塑膠生成的其他影響因素

- 1、不同種類牛奶加醋後，牛奶塑膠的生成過程與生成量有何異同？
- 2、不同溫度對牛奶塑膠生成之影響？

三、探究牛奶塑膠結合再生紙漿的可能應用

- 1、牛奶塑膠是否有助於再生紙磚的塑形？
- 2、牛奶塑膠紙磚的最佳製作比例為何？
- 3、牛奶塑膠的其他可能應用？

參、研究設備與器材

一、研究設備與器材：電子秤、燒杯、量筒、濾網、棉紗袋；果汁機、紙盒、塑膠杯

二、實驗材料：全脂鮮奶、低脂鮮奶、脫脂奶粉、食用醋、冰醋酸、蘆薈膠、PH 試紙；回收影印紙、洋菜粉

肆、研究過程或方法

一、研究一：利用生活中可取得的材料製作牛奶塑膠

(一)研究問題 1-1：透過文獻資料探討製作牛奶塑膠時，醋與牛奶的最佳比例為何？

在自然課「水溶液」單元中，老師曾經告訴我們膠體溶液遇到酸性物質會使膠質粒子凝聚，例如：把醋加到豆漿中就會發現豆漿的膠質析出，變成像蛋花一樣。透過網路資料，我們知道牛奶塑膠也是利用同樣的原理，將醋酸加入牛奶中，會使牛奶中的「酪蛋白」依凝聚法沉降原理分離出來。我們發現有的研究使用 醋：牛奶=1：4 的比例來製作牛奶塑膠，有的研究則使用 醋：牛奶=1：10 的比例來製作。於是我們嘗試以這兩種比例進行實驗，探究何種比例產生的牛奶塑膠較多？

(二)研究問題 1-2：以實驗驗證製作牛奶塑膠時，醋與牛奶的最佳比例為何？

透過文獻資料的閱讀分析，我們嘗試以 醋：牛奶=1：4 及 醋：牛奶=1：10 兩種比例進行實驗，實驗流程如下：

1、實驗器材：電子秤、燒杯、量筒、濾網、PH 試紙、竹筷、刮刀

2、實驗材料：全脂鮮奶、食用醋

3、實驗步驟：

(1)以量筒量取全脂鮮奶 100ml 各 2 杯。

(2)以量筒量取 25ml 與 10ml 的食用醋，分別倒入鮮奶中。

(3)分別攪拌均勻後，靜置 30 分鐘。

(4)分別以濾網過濾兩燒杯中產生的酪蛋白。

(5)分別秤取兩種比例所產生的酪蛋白重量。

表 1 不同比例的醋與牛奶產生之酪蛋白量研究

	
準備實驗器材及材料	取 25ml 與 10ml 的食用醋倒入 100ml 的鮮奶中
	
醋：牛奶=1：4 --產生的酪蛋白明顯較多	醋：牛奶=1：10 --產生酪蛋白的量極少



老師示範以 冰醋酸：牛奶=1：10 的比例製成酪蛋白，發現冰醋酸加牛奶能快速凝析出大量的酪蛋白。

以 PH 試紙測試各種比例製成的酪蛋白之酸鹼值(冰醋酸加牛奶凝析出的酪蛋白的PH值接近2，酸性極強，所以我們不使用冰醋酸進行實驗。)

我們發現以 醋：牛奶=1：4 的比例，將 25 毫升的食用醋加入 100 毫升的全脂鮮乳所產生的酪蛋白比較多，反應也比較快，所以我們決定採用 1：4 的比例來進行後面的實驗。

二、研究二：探討影響牛奶塑膠生成的其他影響因素

在前面的實驗研究中，我們已經證明加入的酸性溶液種類與濃度比例，確實會影響牛奶酪蛋白的生成。而根據文獻資料，我們知道牛奶的脂肪含量與反應時的溫度，會對酸加入牛奶中的酪蛋白凝析產生影響，所以我們嘗試以實驗來研究探討這些影響因素。

(一)研究問題 2-1：不同種類牛奶加醋後，牛奶塑膠的生成過程與生成量有何異同？

根據文獻資料，我們知道牛奶中的脂肪會影響酪蛋白的凝析，所以我們嘗試比較「全脂、低脂、脫脂」三種不同種類牛奶在酪蛋白凝析上的差異。但因超市中脫脂鮮奶並不常見，所以在本研究中，我們只好採用同品牌的全脂鮮奶、低脂鮮奶及脫脂奶粉來進行實驗，其中脫脂奶粉的沖泡比例參考包裝說明，以奶粉：水=15：100 的比例進行沖泡。整個實驗流程如下：

1、實驗器材：電子秤、燒杯、量筒、濾網、溫度計、竹筷、刮刀

2、實驗材料：全脂鮮奶、低脂鮮奶、脫脂奶粉、食用醋、水

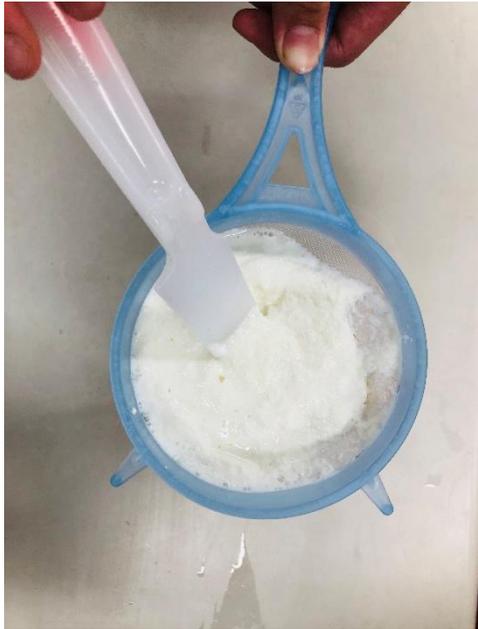
3、實驗步驟：

(1)以量筒量取 21°C 全脂鮮奶及 21°C 低脂鮮奶各 100ml。

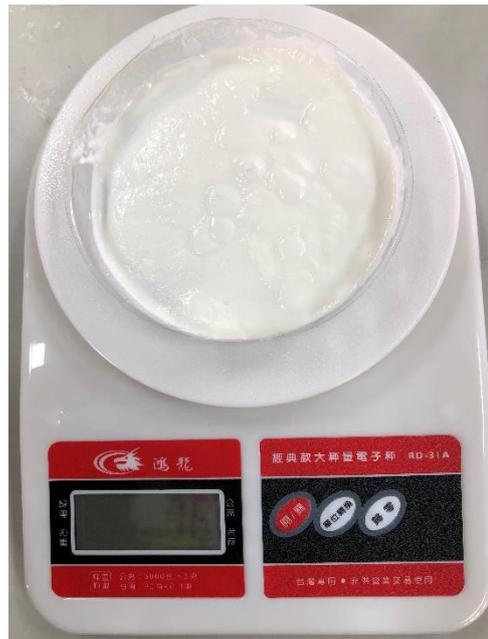
- (2) 秤取 15g 脫脂奶粉，加入 100ml 65°C 的熱水中，攪拌均勻。
- (3) 分別在三種牛奶中加入 25ml 食用醋，攪拌均勻，靜置 30 分鐘。
- (4) 分別以濾網過濾燒杯中產生的酪蛋白。
- (5) 分別秤取三種不同脂肪含量牛奶所產生的酪蛋白重量。

表 2 食用醋與不同種類牛奶產生酪蛋白凝析之研究

	
<p>取全脂鮮奶及低脂鮮奶各 100ml</p>	<p>秤取 15g 脫脂奶粉，加入 100ml 65°C 的熱水。</p>
	
<p>分別在三種不同脂肪含量的牛奶中加入 25ml 食用醋並攪拌</p>	<p>脫脂牛奶快速產生酪蛋白凝析，靜置後發現低脂鮮奶及脫脂牛奶都有明顯的澄清液體與沉澱物的分層現象，全脂鮮奶則沒有此現象。</p>



以濾網過濾燒杯中產生的酪蛋白



秤取三種不同牛奶加醋後產生的酪蛋白重量

我們發現將 25ml 的食用醋加入脫脂牛奶所產生的酪蛋白量比較多，反應也比較快，且以奶粉沖泡沒有鮮奶需要冷藏的保存問題，所以我們決定採用脫脂奶粉沖泡牛奶來進行後面的實驗。

(二)研究問題 2-2：不同溫度對牛奶塑膠生成之影響？

根據文獻資料，我們知道反應溫度會影響酪蛋白的凝析，所以我們嘗試比較不同溫度的牛奶在酪蛋白凝析上的差異。本研究中，我們用脫脂奶粉沖泡成不同溫度的牛奶來進行實驗；且為了使生成的酪蛋白由酸性變成中性，以利後續的牛奶塑膠之延伸應用，所以我們在凝析出的酪蛋白中加入小蘇打粉進行酸鹼中和。整個實驗流程如下：

1、實驗器材：電磁爐、不鏽鋼鍋、電子秤、燒杯、量筒、濾網、溫度計、塑膠杯、竹筷、刮刀

2、實驗材料：脫脂奶粉、食用醋、水

3、實驗步驟：

(1)以燒杯量取白開水 1000ml，秤取 150g 脫脂奶粉，加入鋼鍋中攪拌均勻。

(2)將步驟(1)的牛奶用電磁爐加熱至 100°C。

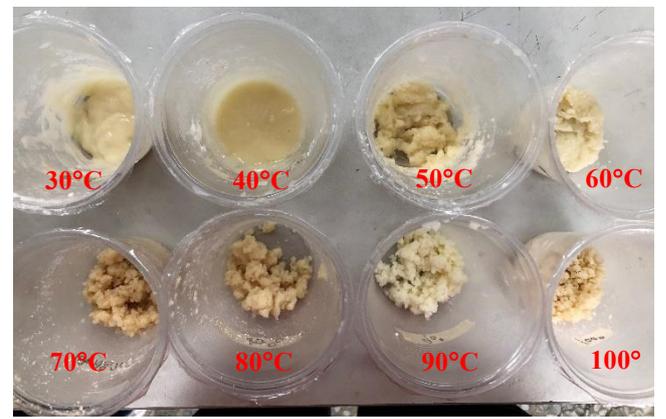
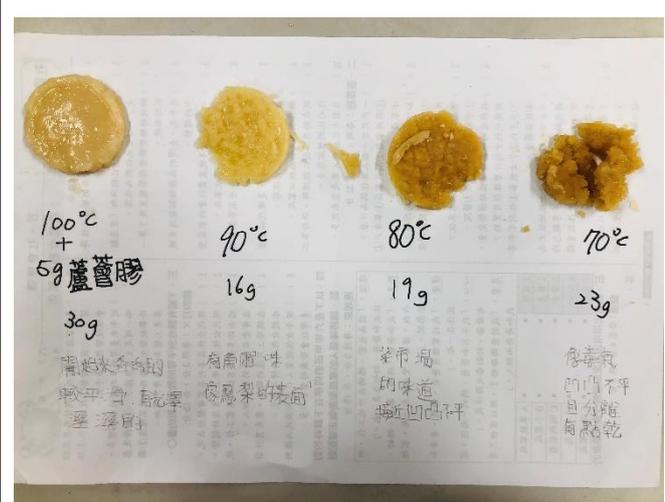
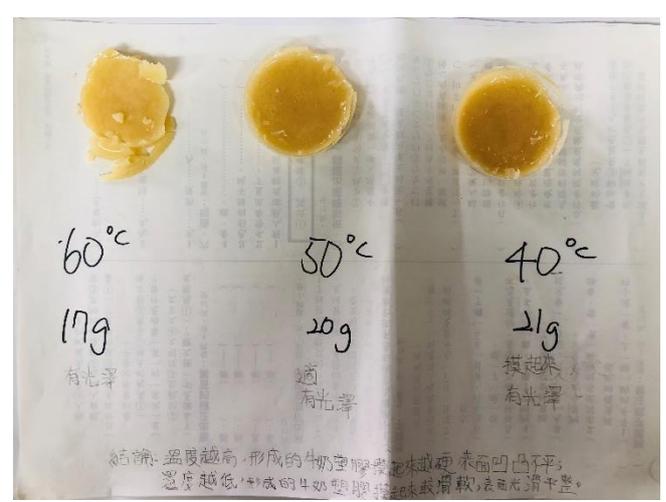
(3)依脫脂牛奶降溫至 90°C、80、70、60、50、40、30 及室溫時，各取 100 ml 備用。

(4)分別在不同溫度的脫脂牛奶中加入 25ml 的食用醋，攪拌後靜置。

(5)分別秤取不同溫度脫脂牛奶所凝析出的酪蛋白重量。

(6)分別在酪蛋白中加入 5g 小蘇打粉進行酸鹼中和，使酪蛋白能呈中性~弱鹼性，以增加應用性。

表 3 食用醋與不同溫度牛奶產生酪蛋白凝析之研究

	
<p>量取白開水 1000ml，秤取 150g 脫脂奶粉，加入鋼鍋中攪拌均勻並加熱至 100°C 備用。</p>	<p>分別在不同溫度的脫脂牛奶中加入 25ml 的食用醋，攪拌後靜置。</p>
	
<p>秤取酪蛋白後加入 5g 小蘇打粉攪拌均勻</p>	<p>不同溫度脫脂牛奶產生之酪蛋白</p>
	
<p>經過一個禮拜後乾燥的酪蛋白</p>	<p>經過一個禮拜後乾燥的酪蛋白</p>

我們發現不同溫度脫脂牛奶加食用醋凝析酪蛋白時，溫度較高反應較快，但速度並沒有差異很

大；但溫度越高，凝析出來的酪蛋白數量並沒有更多，且凝析出的酪蛋白較乾、顏色深且凝聚成顆粒狀；而 30°C 及室溫這兩組產生的酪蛋白最多，且黏稠度適中，很適合我們用來進行後續的牛奶塑膠應用實驗。

三、研究三：探究牛奶塑膠結合再生紙的可能應用

在研究前期，收集與閱讀網路文獻資料時，我們覺得生活中常見的廢紙再利用也是一個很值得研究的方向，於是我們想嘗試看看牛奶塑膠能不能讓再生紙膠結成紙磚成形，而讓植物可以在更堅固又環保可分解的再生紙磚上好好生長？

(一)研究問題 3-1：牛奶塑膠是否有助於再生紙磚的塑形？

從文獻資料中我們知道：再生紙加上洋菜膠可以形成再生紙磚，並拿來作為育苗之用；而文獻中的製作流程是秤取 500g 乾再生紙漿，加入 10g 洋菜粉，倒入裝有 50° C、1000ml 溫水中，再以果汁機攪打後擰乾水分，最後放入模型中乾燥成型。我們則以同樣比例製作洋菜紙磚作為對照組，並用加入不同重量酪蛋白的紙磚進行實驗比較。整個實驗流程如下：

1、實驗器材：果汁機、棉紗袋、電子秤、燒杯、量筒、溫度計、濾網、竹筷、刮刀、牛奶盒

2、實驗材料：脫脂奶粉、水、食用醋、洋菜粉

3、實驗步驟：

(1)利用果汁機攪打再生紙漿，並利用棉紗袋擰乾，秤取 250g 紙漿 4 份備用。

(2)製作對照組-洋菜紙磚 A：秤取 5g 洋菜粉與 250g 紙漿及 500ml 50°C 熱水，放入果汁機一起攪打。

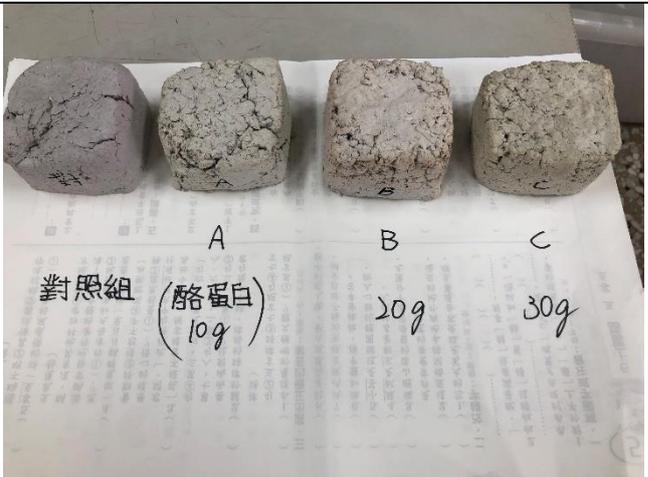
(3)將步驟(2)紙漿以棉紗袋擰乾後，放入牛奶盒並擠壓成型。

(4)分別秤取 10g、20g、30g 的酪蛋白，取代洋菜粉，重複步驟(2)、(3)，製作實驗組-牛奶塑膠紙磚

A、牛奶塑膠紙磚 B、牛奶塑膠紙磚 C。

(5)靜置一天後拆開牛奶盒，將紙磚風乾。

表 4 製作牛奶塑膠紙磚之研究

	
<p>利用果汁機攪打再生紙漿，並利用棉紗袋擰乾，秤取 250g 紙漿 4 份備用。</p>	<p>製作對照組-洋菜紙磚 A：秤取 5g 洋菜粉與 250g 紙漿及 500ml 50°C 熱水，放入果汁機一起攪打。</p>
	
<p>製作實驗組-牛奶塑膠紙磚 A、B、C：：分別秤取 10g、20g、30g 酪蛋白與 250g 紙漿及 500ml 50°C 熱水，放入果汁機一起攪打。</p>	<p>脫模一個禮拜後，風乾的洋菜紙磚與牛奶塑膠紙磚。</p>

我們發現再生紙漿加入牛奶塑膠，的確能讓再生紙磚膠結成形，且加的酪蛋白越多，紙磚拿起來越不易碎裂。

(二)研究問題 3-2：牛奶塑膠紙磚的最佳製作比例為何？

從上一個實驗中，我們發現加入的酪蛋白越多，紙磚越不易碎裂；但即使加了 30g 酪蛋白的牛奶塑膠紙磚 C，紙漿：酪蛋白=250：30 的比例似乎還是無法讓紙磚足以在搬運過程中不易碎裂，於是我們嘗試先以小份量紙漿與酪蛋白進行較高比例的酪蛋白進行實驗，確定可行，再以 200g 的紙漿進行牛奶塑膠紙磚的製作。整個實驗流程如下：

1、實驗器材：果汁機、棉紗袋、電子秤、燒杯、量筒、溫度計、濾網、竹筷、刮刀、牛奶盒

2、實驗材料：脫脂奶粉、水、食用醋

3、實驗步驟：

(1)利用果汁機攪打再生紙漿，並利用棉紗袋擰乾備用。

(2)製作 紙漿：酪蛋白=1：1 之小份量牛奶塑膠紙墊：秤取 30g 紙漿與 30g 酪蛋白，放入容器中攪拌均勻，放入塑膠培養皿中壓平靜置。

(3)製作 紙漿：酪蛋白=1：1 之大份量牛奶塑膠紙磚：秤取 200g 紙漿與 200g 酪蛋白，放入容器中攪拌均勻，放入紙盒中擠壓成形並靜置。

(4)靜置一天後拆開紙盒，將紙磚風乾成形。

表 5 製作牛奶塑膠紙磚之原料比例研究

	
秤取 30g 紙漿與 30g 酪蛋白，製作小份量牛奶塑膠紙墊。	靜置兩天後，牛奶塑膠紙墊已風乾成形，不易變形且堅硬適用。
	
秤取 200g 紙漿與 200g 酪蛋白，製作牛奶塑膠紙磚。	靜置三天後，形體完整，但摸起來仍濕黏，形體尚未堅固而易變形。

我們發現 紙漿：酪蛋白=1：1 的小份量牛奶塑膠紙墊，風乾成形快，不易變形且堅硬適用。
而紙 漿：酪蛋白=1：1 的大份量牛奶塑膠紙磚，則膠結性佳、形體完整，風乾時程長。

(三)研究問題 3-3：牛奶塑膠的其他可能應用？

我們嘗試將牛奶塑膠直接拿來塑型、塗抹，或結合蘆薈膠做應用。

表 6 牛奶塑膠的其他可能應用研究

	
<p>盡可能將牛奶塑膠鋪平靜置做成薄膜</p>	<p>將極黏稠的牛奶塑膠塗抹於紙上靜置一天，風乾後的紙上猶如包覆一層塑膠。</p>
	
<p>牛奶塑膠靜置 1 天後，水分漸乾，會變成 Q 彈麻糬狀可塑形的固體，可用作黏土。</p>	<p>若牛奶塑膠靜置 1 周後，會變成脆硬之固體，或許可用來做模型。</p>

	
<p>100°C 脫脂牛奶形成之酪蛋白過乾且顆粒大，黏稠度不夠、無法塑形，故加入蘆薈膠做其他嘗試。</p>	<p>加入蘆薈膠後的牛奶塑膠，質軟具香味，適合給小朋友當黏土玩。</p>

伍、研究結果

根據我們的研究目的，下面將分成三大部分呈現我們的研究結果：

一、研究一：利用生活中可取得的材料製作牛奶塑膠

(一)概念探討：

透過文獻資料的閱讀分析，我們知道將醋酸加入牛奶中，可以使牛奶中的「酪蛋白」依凝聚法沉降原理分離出來，進而製成牛奶塑膠。我們嘗試以 醋：牛奶=1：4 及 醋：牛奶=1：10 兩種比例進行實驗；老師也用冰醋酸加牛奶進行實驗，讓我們知道不同種類的酸也會影響酪蛋白的凝析。

(二)研究結果：

如表 7，我們發現 100 毫升的鮮乳和 25 毫升的食用醋(1:4)所產生的酪蛋白比較多，且反應也比較快，所以我們決定採用 食用醋：牛奶=1：4 的比例來進行後面的實驗。

表 7 加入不同比例食用醋對酪蛋白生成的影響

編號	比例	醋(ml)	鮮奶(ml)	酪蛋白(g)	觀察到的情形
A	1:4	25	100	31	 酪蛋白凝析快，顏色較黃、味道較重，且靜置後很快產生沉澱物與澄清液體的分層現象。
B	1:10	10	100	接近 0	 幾乎沒有酪蛋白凝析出來，靜置後也沒有沉澱物與澄清液體的分層現象。
C	1:10	10(99%冰醋酸)	100	40	 酪蛋白凝析快，靜置後很快產生分層。

二、研究二：探討影響牛奶塑膠生成的其他影響因素

(一)概念探討：

透過研究一，我們已經證明加入的酸性溶液種類與濃度比例，確實會影響牛奶酪蛋白的生成。而根據文獻資料，我們知道牛奶的脂肪含量與反應時的溫度，會對酸加入牛奶中的酪蛋白凝析產生影響，所以我們嘗試以實驗來研究探討牛奶種類與牛奶溫度對酪蛋白凝析的影響。

(二)研究結果：

1、不同脂肪含量牛奶對酪蛋白生成的影響：

如表 8，我們發現將 25ml 的食用醋加入全脂鮮奶時，幾乎沒有酪蛋白凝析出來；而低脂鮮奶與脫脂牛奶反應速率較全脂鮮奶快很多，且兩者所產生的酪蛋白量較多，但兩者的量差異不大。

表 8 不同脂肪含量牛奶對酪蛋白生成的影響

編號	牛奶種類	牛奶體積 (ml)	牛奶溫度 (°C)	食用醋 (ml)	酪蛋白 (g)	觀察到的情形	
A	全脂鮮奶	100	約 21	25	無		看不出透明異體跟沉澱物的分層，有明顯的醋味。
B	低脂鮮奶	100	約 21	25	27		有分層，酪蛋白沉澱在杯底，上層有透明微黃的澄清液體。
C	脫脂奶粉 15g 沖泡	100	約 65	25	31		加入食用醋攪拌時溫度會下降，沉澱物較明顯，顏色偏黃綠色，和低脂一樣有分層的現象。

2、不同溫度牛奶對酪蛋白生成的影響：

如表 9，我們發現牛奶的溫度確實會影響酪蛋白的生成。溫度越高，生成的酪蛋白越乾、顏色較深，且容易呈大顆粒狀；60°C、50°C 牛奶生成的酪蛋白則有點像麻糬；40°C、30°C 牛奶生成的酪蛋白，則較為黏稠；接近室溫的牛奶產生之酪蛋白顏色較淺、黏稠度不像 30°C 牛奶產生的酪蛋白那麼黏。

表 9 不同溫度牛奶對酪蛋白生成的影響

編號	牛奶體積 (ml)	牛奶溫度 (°C)	食用醋 (ml)	小蘇打 (g)	酪蛋白 (g)	觀察到的情形		一周後的情形	
1	100	100	25	5	19		非常乾 偏深色 顆粒狀	 100°C + 5g 蘆薈膠 30g	因生成酪蛋白過乾，加 5g 蘆薈膠後，變得平滑濕潤有香味。

編號	牛奶體積 (ml)	牛奶溫度 (°C)	食用醋 (ml)	小蘇打 (g)	酪蛋白 (g)	觀察到的情形		一周後的情形	
2	100	90	25	5	19		顏色白 不黏	 90°C 16g	已凝固， 表面凹凸 不平。
3	100	80	25	5	22		像奶酥 不黏	 80°C 19g	已凝固， 易碎裂， 顏色深， 表面凹凸 不平。
4	100	70	25	5	24		顏色深 不黏	 70°C 23g	已凝固， 易碎裂， 顏色深， 表面凹凸 不平。
5	100	60	25	5	22		又白又黏	 60°C 17g	已凝固， 易碎裂， 淺黃色， 表面平整。
6	100	50	25	5	26		像麻糬	 50°C 20g	已凝固， 扎實 Q 彈，淺黃 色，表面 平整。
7	100	40	25	5	25		淺黃色 很黏稠	 40°C 21g	已凝固， 扎實，淺 黃色，表 面平整。
8	100	30	25	5	28		淺黃色 很黏稠		另製成再 生紙墊 另製成再 生紙墊
9	100	室溫 22	25	5	29		淺黃色 黏稠		

三、研究三：探究牛奶塑膠結合再生紙的可能應用

(一)概念探討：

從文獻資料中我們知道：再生紙加上洋菜膠可以形成再生紙磚，並拿來作為育苗之用。於是我們以文獻中的比例製作洋菜紙磚作為對照組，並用加入不同重量酪蛋白的紙磚進行實驗比較。

(二)研究結果：

我們發現酪蛋白確實可使再生紙漿膠結成型，且加入的酪蛋白越多，紙磚越不易碎裂；但即使加了 30g 酪蛋白的牛奶塑膠紙磚 C，紙漿：酪蛋白=250：30 的比例似乎還是無法讓紙磚足以在搬運過程中不易碎裂。於是我們嘗試以 紙漿：酪蛋白=1：1 進行等比例的牛奶塑膠紙磚進行實驗，結果發現紙磚膠結的效果很好。另外我們也嘗試將牛奶塑膠做不同的應用，結果如下表 10：

表 10 牛奶塑膠的可能應用探討

編號	成品名稱	成品	說明
1	牛奶塑膠紙磚		再生紙漿加入牛奶塑膠，的確能讓再生紙磚膠結成形，且加的酪蛋白越多，紙磚拿起來越不易碎裂。
2	牛奶塑膠紙墊		秤取 30g 紙漿與 30g 酪蛋白，製作小份量牛奶塑膠紙墊；靜置兩天後，牛奶塑膠紙墊已風乾成形，不易變形且堅硬適用。
3	牛奶塑膠黏土		牛奶塑膠靜置 1 天後，水分漸乾，會變成 Q 彈麻糬狀可塑形的固體，可用來作為黏土或模型製作等玩具。

編號	成品名稱	成品	說明
4	牛奶塑膠薄膜		盡可能將牛奶塑膠薄膜鋪平，靜置一天後即可型成薄膜，也許可做為包覆食材之包裝膜。
5	牛奶塑膠紙		將剛形成的黏稠牛奶塑膠塗抹於紙上，靜置一天後會發現紙上猶如包覆一層膠膜。
6	牛奶塑膠紙磚		秤取 200g 紙漿與 200g 酪蛋白，製作 2/3:1u 等比例牛奶塑膠紙磚，紙磚膠結性佳、成型穩固，但風乾時間長。

陸、討論

一、研究一：利用生活中可取得的材料製作牛奶塑膠

我們經由文獻得知，將醋與牛奶混合可以製作出牛奶塑膠。經過實驗後，我們發現利用生活中唾手可得的食用醋，並以 食用醋：牛奶=1：4 的比例，可以製作出適用的牛奶塑膠。若未來延伸研究，則可以嘗試探究不同種類的酸性溶液製作牛奶塑膠之差異。

二、研究二：探討影響牛奶塑膠生成的其他影響因素

透過實驗，我們發現牛奶中脂肪含量越少，越容易生成酪蛋白。而牛奶的溫度過高，凝析出的酪蛋白過乾、量較少，且不太黏，並不適用；酪蛋白的生成以 40°C~室溫最為適用，量較多、黏稠性佳。

三、研究三、探究牛奶塑膠結合再生紙的可能應用

透過實驗，我們發現牛奶塑膠有助於再生紙漿的膠結與塑形。我們也嘗試找出牛奶塑膠紙

磚的最佳製作比例，但受限於研究期程，目前只能確認酪蛋白含量越多，越有助於紙磚的成型與耐用性。而在探究牛奶塑膠的其他可能應用方面，我們嘗試將牛奶塑膠直接利用或加入蘆薈膠，或許可以做為黏土、模型或包裝材料。

柒、結論與建議

根據本研究的結果與討論，我們歸納出以下結論：在本研究中，我們以「脫脂牛奶」與「食用醋」，製作出牛奶塑膠；並將牛奶塑膠與再生紙漿混和，製成牛奶塑膠紙磚。本研究當初還預計要將牛奶塑膠紙磚用於植物育苗，但受限於研究期程有限，我們只好將「牛奶塑膠植生牆」這個環保夢想藍圖，作為未來研究努力的方向。

捌、參考文獻資料

- 1、陳珮蓁、邱稚筑、蘇子強·牛奶塑膠異世界取自·<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030819.pdf>。
- 2、呂旖姍·牛奶變塑膠·取自 www.shs.edu.tw/works/essay/2013/11/2013111414501820.pdf。
- 3、變！變！變！我把牛奶變塑膠！·取自 web.wcps.tp.edu.tw/102學年度/102-科展比賽/02-...。
- 4、牛奶進化論—酪蛋白塑膠之研究·取自 http://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload_works/107/8cf82592a461692ed74d1e585b96033c.pdf。
5. 王榮文 (2012) ·牛奶變塑膠·*科學人*，130，122-123。