

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(三)科

第三名

083003

我是「捉油」大師—回收聚乳酸廢料應用於油水
分離技術

學校名稱： 臺北市松山區敦化國民小學

作者： 小四 黃鼎翔 小四 范丞希 小四 李昀羲	指導老師： 趙政德 王培成
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞： 聚乳酸、多孔材料、纖維

摘要

本研究主要是解決家庭廚房水槽的油汙水問題，回收因脆化無法再使用的聚乳酸 3D 列印線材，透過家裡手邊現有的工具和材料，用烤箱及熱壓鬆餅機把小蘇打粉加熱產生二氧化碳，有效形成內部具有泡孔的聚乳酸多孔材料，以及為了提升吸油率及重複吸油，自製棉花糖機噴絲製成聚乳酸纖維，研究結果發現聚乳酸纖維吸油率比市售產品更好，再透過蔬菜瀝水器甩油，甚至可以重複吸油至少五次。最後本研究把聚乳酸纖維放入行李真空壓縮袋抽取空氣加壓，並用吹風機熱風塑型，成功做出瀝水杯形狀的聚乳酸瀝水杯吸附家庭油汙水的油脂。聚乳酸廢材回收再利用作成吸油材，還可重複使用，比一次性使用的市售產品更環保，相信未來能有更廣泛的應用，達到永續發展的目標。

壹、前言

1、研究動機

➤ 家庭油汙水的危害

每天爸爸媽媽辛苦準備飯菜，吃完後，媽媽將湯水倒入水槽。一天，排水管堵住了，灰色髒水溢出。爸爸發現排水管内壁有厚厚的灰白色油垢，因為媽媽經常煮牛肉湯，未喝完的湯汁倒入水槽，油脂堆積並逐漸硬化，最終形成油脂塊堵塞排水管。

研究新聞報導指出，大量油水排入下水道，容易滋生細菌，產生惡臭，並形成堵塞，導致淹水和環境污染，對汙水處理廠也造成負擔。本研究查詢了相關法規，發現一些地區強制規定餐廳、旅館、市場和食品加工業必須設置油脂截留器，但針對家庭廚房汙水處理，尚無相關指引或規範。

➤ 目前市面上油水分離的技術不足

在大賣場上找到很多種吸油和濾油的商品，整理市售產品的優缺點如下¹：

¹ 本作品說明書中之表格、照片及圖表皆由作者及指導教師親自製作及拍攝。

市售產品	優點	缺點
吸油紙	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作簡便，吸取浮在表面的油。 2. 成本低。 3. 重量很輕。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一次性使用，無法重複利用。 2. 使用完丟棄垃圾桶被歸類為一般垃圾。 3. 無法過濾湯裡的油。 4. 不耐燃。
撈油網	<ol style="list-style-type: none"> 1. 方便撈取表面的油和雜質。 2. 可以重複使用。 3. 成本較低。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法過濾大量的油汙水。 2. 清洗撈油網時，仍有油脂和雜質進入排水管。
油脂截留器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以重複使用。 2. 結構簡單，不容易故障。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 體積太大，太占空間。 2. 操作不方便，必須每天定期管理及維護。 3. 流速太快時，仍然會有油脂進入排水管。 4. 放置一段時間，油汙水會產生味道。 5. 無法處理乳化及溶解的油脂。 6. 成本較高。
濾油壺	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以重複使用。 2. 成本低。 3. 不容易故障。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 只限過濾炸物的廢油，無法過濾油汙水。 2. 必須搭配使用濾油紙。
水槽濾水網	<ol style="list-style-type: none"> 1. 很便宜。 2. 可以攔截菜渣。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一次性使用，無法重複利用。 2. 不能濾油。 3. 石化產品不環保。
廚房紙巾	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成本低。 2. 有很好的吸水吸油效果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一次性使用，無法重複利用。 2. 不耐燃，使用上須注意安全，遠離火源。

➤ 開發一種簡便易行的家庭油水分離方法

詢問大家意見，大多數認為現在的廚房空間太小，希望能有**體積小、不占空間的過濾神器**。於是，我們想到可以製作一塊材料，放在廚房水槽的瀝水杯中，這塊材料具有類似撈油網的小孔洞，可以讓油脂留在材料上，實現油水分離。

➤ 提高 PLA 廢料的回收利用率

為此，我們搜尋了相關文獻，希望能用廢棄材料和其他綠色環保方法製作這個濾油神器。家中正好有一捲被稱為**綠色塑膠的聚乳酸 3D 列印線材**，由於它已經脆化無法使用，如果直接丟掉非常可惜。因此，我們特別去 3D 列印代工公司蒐集受潮脆化的 3D 列印線材，透過**資源回收再利用**，用環保材料製作出**可吸附油脂的多孔材料及纖維**，放在廚房水槽的瀝水杯中，來分離家庭油汙水，希望能為環保和愛護地球做出貢獻。

2、研究目的

- (一) 探討聚乳酸、矽藻土及纖維素的吸油能力
- (二) 處理廚房油汙水方案一：回收聚乳酸廢料烘焙多孔材料
 - 1. 尋找製造聚乳酸多孔材料最佳比例和製備條件
 - 2. 測試聚乳酸多孔材料吸附率
- (三) 處理廚房油汙水方案二：回收聚乳酸廢料熔噴纖維
 - 1. 製備聚乳酸纖維的最佳比例
 - 2. 測試聚乳酸纖維吸附率
 - 3. 測試聚乳酸纖維重複吸油量
 - 4. 測試聚乳酸纖維脫油
 - 5. 研發自製聚乳酸纖維成型工藝
- (四) 聚乳酸多孔材料 / 纖維與市售產品的吸附市售鍋底測試比較

3、文獻回顧

為了了解天然物質聚乳酸的特性和形成多孔材料的原理，我們整理兩篇文章如下：

- (一) 聚乳酸材料的特性與應用內容²
 - 1. 聚乳酸是由可再生資源，例如：含澱粉的農作物為原料，經過合成製備的可降解高分子。有兩種合成方法：
 - (1) 聚乳酸直接聚合：也就是乳酸分子間脫水、酯化，逐步縮聚而成。
 - (2) 丙交酯開環聚合：這是目前最普遍的製作方法。乳酸分子先脫水、再裂解產出丙交酯，精緻過的丙交酯在催化劑作用下開環聚合得到聚乳酸。
 - 2. 綠色塑膠有三種分解方法：
 - (1) 光分解：利用太陽光中紫外線輻射的能量使物質分解。
 - (2) 熱氧分解：在傳統石化塑膠混入添加劑，使塑膠在光照或較高溫度加速碎裂。
 - (3) 生物分解：在特定環境中微生物作用下逐漸分解，完全轉化成二氧化碳和水。
 - 3. 聚乳酸擁有良好的再生性、生物降解性、生物相容性及良好的熱力學性能，應用在生物醫學，例如：手術縫合線、骨科固定材料，還有汽車和電子材料等。但是聚乳

²張翼 (2014)。奈米纖維/聚乳酸綠色複合材料之研究 [碩士論文，朝陽科技大學]。臺灣博碩士論文知識加值系統。

酸也有缺點，例如：它的耐熱性低、溫度高容易變形、沒有抗靜電、也沒有抗UV，所以要加入奈米填料來加強聚乳酸的性質。

(二) 植物纖維多孔材料的發泡原理、助劑種類和製造方法³

1. 多孔材料的發泡原理分為三個階段：氣泡成核、氣泡核膨脹生長、氣泡穩定固化。
2. 發泡材料四種製作方法：模壓發泡、擠出發泡、烘焙發泡、微波加熱發泡。
3. 泡孔是否分佈均勻，和助劑的種類、含量有直接關係。其中發泡劑、成核劑、膠黏劑對泡孔結構有直接關係。

(1) **發泡劑**：要考量發泡劑的分解溫度、氣體產生量、分解產物的特性。分為物理發泡劑和化學發泡劑：物理發泡劑有二氧化碳、丁烷、戊烷、氮氣；化學發泡劑有碳酸氫鈉、碳酸氫銨。使用化學發泡劑，會產生副產物，對研究者本身和環境可能會造成危害，而且使用化學發泡劑有一定的價格成本；使用物理發泡劑相對成本較低，發泡時不會產生其他殘餘氣體，但是物理發泡方法所使用的設備投資相對較大。發泡劑含量較低時，生成的氣體少，影響氣泡的生長；發泡劑過量時，生成氣體多，膨脹過快會導致泡孔直徑較大，泡孔品質較低。建議根據實驗條件和預期的實驗結果選擇合適的發泡劑和添加比例。

(2) **成核劑**：成核劑可以增加氣孔的形成，會影響泡孔的密度和泡孔的尺寸分佈，進而影響發泡材料的性能。成核劑的種類、含量、形狀和分散性能都會影響成核率。常見的成核劑有：滑石粉、碳酸鈣、矽藻土。當成核劑含量少時，會導致泡孔尺寸分佈不均且結構不規則；當成核劑含量過量時，會使材料的密度升高，導致材料表面過硬。所以要適當增加成核劑的含量，不僅可以增加成核點，還可以減小孔徑的尺寸，增加泡孔密度，形成均勻分佈的泡孔結構。

(3) **膠黏劑**：作用是纖維和其他助劑混合進行發泡時，可以讓纖維緊密連接並包裹住發泡劑產生的氣體，形成泡孔結構均勻分佈的多孔材料。膠黏劑可以使纖維形成三維網狀，發泡過程形成的氣泡會增強纖維間的拉伸力。常見的膠黏劑有：澱粉、聚乙烯醇（PVA）、明膠。膠黏劑的含量也會直接影響發泡效果。雖然隨著膠黏劑含量的增加，材料的泡孔密度變大，強度也增加，但是發泡倍率減小且容易形成固狀結構，氣體無法膨脹，導致發泡效果不好。當膠黏劑含量較低時，會導致泡孔分佈不均，材料內部出現中空或泡孔合併。

³ 王哲、李琛（2022）。植物纖維多孔材料泡孔分佈影響因素。《包裝工程》，(1)，26-34。

貳、研究設備及器材

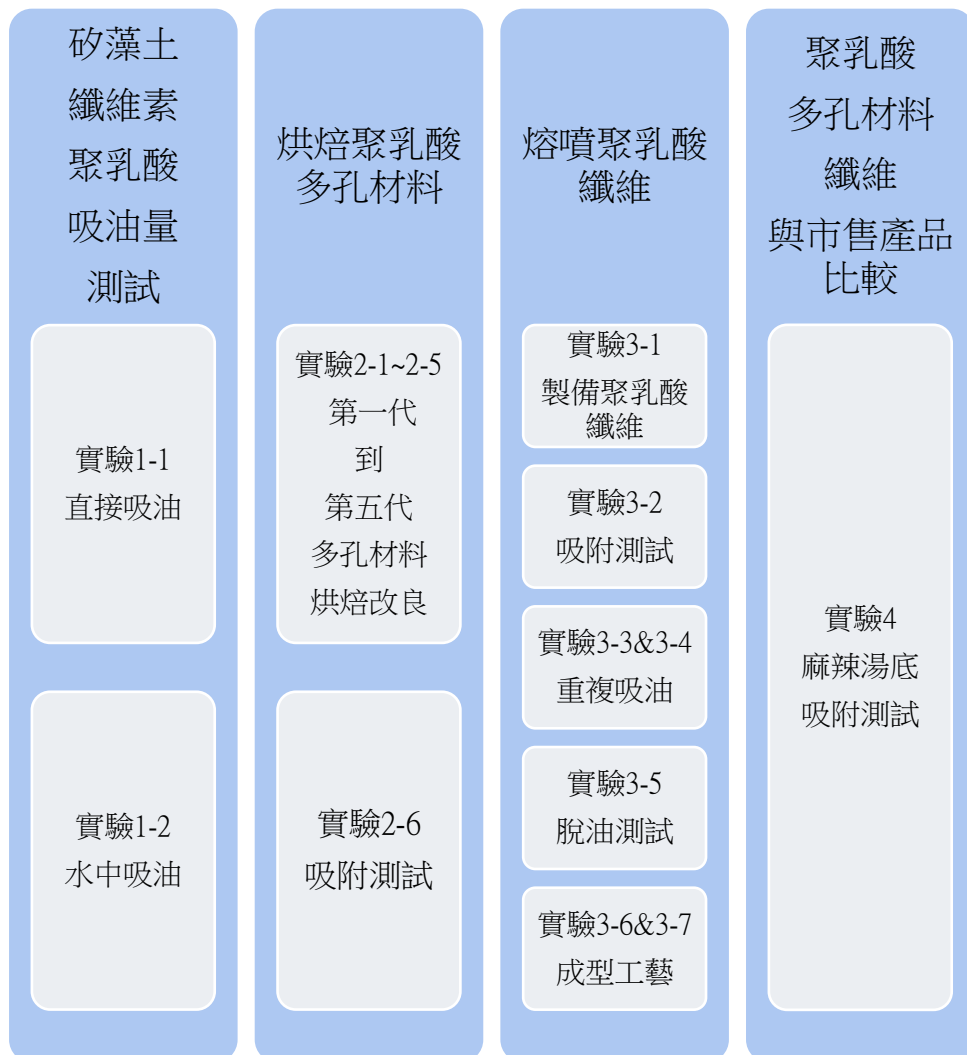
1、實驗材料

聚乳酸 3D 列印線材、矽藻土粉末、稻草、小蘇打粉、清水、沙拉油、辣油、麻辣湯包、烘焙紙、油渣完封袋、廚房濾網、秤量紙、實驗手套、廚房紙巾、衛生紙。

2、實驗設備

粉碎機、電子天秤、行動顯微鏡、紅外線測溫槍、家用烤箱、熱壓鬆餅機、乾果機、棉花糖機、攪拌馬達、塑膠整理箱、鋁罐、電鑽、老虎鉗、木棍、變壓器、瓦斯爐、打奶泡器、蔬菜瀝水器、不鏽鋼篩網、平底烤盤、杯子蛋糕矽膠模具、不鏽鋼瀝水杯、不鏽鋼盆、燒杯、鑷子、不鏽鋼湯匙、玻璃攪拌棒、塑膠滴管、針筒、培養皿、行李真空壓縮袋、吸塵器、吹風機、不鏽鋼圓環、螺絲起子、切割墊、美工刀。

參、研究過程或方法



肆、研究步驟及結果

1、矽藻土、纖維素、聚乳酸的吸附油脂實驗

本研究先尋找家中可能具有吸油能力的天然材料，經過研究挑選出三種材料進行測試：

材料	特性
矽藻土	矽藻土適合作為多孔材料的成核劑，屬於 生物化學沉積岩 ，由 矽藻的細胞壁沉積 而成，顏色呈淡黃色或淺灰色，質地輕軟，密度低、多孔隙、有粗糙感、有極強的吸水性，可以磨成粉末。
纖維素	具有 高度多孔結構 的特性，分子結構中包含許多微小的孔道，這些孔道可以吸附和保留油分子。當纖維素與油接觸時，油分子進入這些孔道，使其黏附在纖維素上，把油分子吸附在裡面，讓油分子不容易被釋放或滲漏出來。這種原理常被應用在吸油材，例如吸油紙巾或吸油劑，處理漏油或清潔工作。
聚乳酸	聚乳酸是由可再生資源，例如：含澱粉的農作物為原料，經過合成製備的可降解高分子。生物可分解塑膠又稱為綠色塑膠，綠色塑膠是一種使用後可以完全分解的聚合物，構造類似天然高分子，在微生物（細菌、真菌）作用下，可以分解為 二氧化碳和水 。

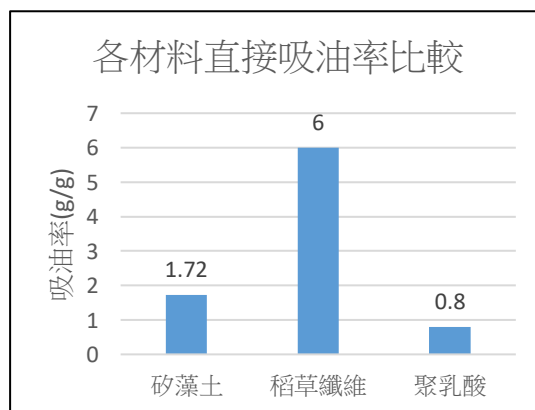
（一）實驗 1-1：探討矽藻土、纖維素、聚乳酸直接對食用油脂的吸油量測試

1.實驗步驟

- （1）把脆化的聚乳酸 3D 列印線材剪成小段，放入粉碎機中打成粉末。燒杯與玻璃攪拌棒秤重量為 M1。在燒杯中秤量 10.0g 的粉末待測物（含玻璃攪拌棒），秤重量為 M2。用塑膠滴管吸取沙拉油，慢慢的加入粉狀待測物中，並同時用玻璃攪拌棒攪拌。最後粉狀待測物形成團狀時停止加油，秤重量為 M3。

- （2）計算吸油率 $D = \frac{(M3-M2)}{(M2-M1)}$ （單位為 g/g）。

2.實驗結果



- 3.小結：稻草纖維的直接吸油率最高，矽藻土次之，聚乳酸的直接吸油率最低。

(二) 實驗 1-2：探討矽藻土、纖維素、聚乳酸在水中吸附食用油脂的情況

家庭油汙水並非單純的油脂，還混合水分，本研究混合油水來觀察待測材料的吸油情況。

1. 實驗步驟

- (1) 秤量 5.0g 的材料（稻草因為密度低只秤量 1.0g）放入燒杯中，加入 50mL 清水均勻，做兩杯做對照，其中一杯為不加入油脂的對照組。另一杯為實驗組，加入約 1.0g 沙拉油，攪拌均勻後靜置 10 分鐘，再觀察材料吸附油脂的情況。



2. 實驗結果

材料	對照組	實驗組
矽藻土	矽藻土沉澱在底部，水為澄清。	水面仍有許多的油珠。
聚乳酸	大顆粒沉在底部，部分小顆粒浮在水面上。	水面仍有小部分油珠，底部聚乳酸集結成許多團塊。
稻草粉末	稻草懸浮於液體中層。	稻草粉末有少部分吸附油後浮在液體上層。

3. 小結：聚乳酸在水中和油吸附的效果最明顯，所以本研究選用聚乳酸為吸油材料。

2、處理油汙水方案一：回收聚乳酸廢料烘焙多孔材料

四種發泡成型法：模壓發泡、擠出發泡、烘焙發泡、微波加熱發泡，本研究考量到家中的機器設備，所以選定**烘焙發泡成型法**，也就是將混合均勻的材料放在烘焙模具中，放入**家用烤箱**加熱發泡。烘焙的模具大小和形狀影響泡沫的形狀和厚度，也影響泡孔分布，要得到泡孔均勻的發泡體，還要考慮烘焙時間和溫度。所以本研究在製作聚乳酸多孔材料的過程，要控制**加熱溫度、加熱時間、模具大小和形狀**這些變因。根據實驗 1-1、1-2 及參考文獻⁴提到的植物纖維多孔材料發泡原理，選定以下三種材料進行多孔材料的製作：













⁴ 王哲、李琛（2022）。植物纖維多孔材料泡孔分佈影響因素。《包裝工程》，(1)，26-34。

助劑	選定助劑	作用
發泡劑	碳酸氫鈉 (小蘇打粉)	加熱到 127°C以上開始逐漸分解生成碳酸鈉、二氧化碳和水，在 270°C時完全分解。 $2 \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$
成核劑	矽藻土 (二氧化矽 SiO_2)	添加成核劑可以增加氣孔的形成，成核劑的比例會影響泡孔密度與泡孔尺寸分布，也影響發泡材料的性能。
膠黏劑	聚乳酸 (polylactic acid, PLA)	作用是發泡時能緊密連接並包裹住發泡劑產生的氣體，形成泡孔結構均勻分布的多孔材料。

(一) 實驗 2-1：製作第一代（方塊狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

- 實驗步驟：**秤量聚乳酸、矽藻土與小蘇打粉（比例如下表）混合均勻，再放入烘焙紙摺成的小盒子中（3*3cm²）。放入烤箱中以 200°C 烘焙 10 分鐘成型。以同樣比例分別烘焙 180°C，10 分鐘 與 180°C，30 分鐘。觀察成品外觀。

2. 實驗結果

聚：矽比例	10：0	2：1	5：1	10：1
聚乳酸	10.0	10.0	10.0	10.0
矽藻土 (g)	0.00	5.0	2.0	1.0
小蘇打粉	1.00	1.5	1.2	1.1
200°C 10 分鐘 烘焙成果				
外觀	有結塊、焦痕	未完全結塊 容易粉碎	有結塊 中間粉末	有結塊 周圍有焦痕
180°C 10 分鐘 烘焙成果				
外觀	有結塊	未完全結塊 容易粉碎	有結塊 顆粒狀	有結塊 有粉末掉落
180°C 30 分鐘 烘焙成果				
外觀	有結塊、燒焦 嚴重、質地脆	有結塊 容易粉碎	有結塊、焦黑	有結塊、焦黑

- 小結：**烘焙 180°C、10 分鐘時，聚乳酸和矽藻土比例 10：0 和 10：1 結塊效果佳。




(二) 實驗 2-2：製作第二代（圓餅狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

【改良材料比例及調整加熱時間】

第一代聚乳酸和矽藻土比例為 10：1 的時候，有較佳的結塊且不易粉碎，故在第二代針對多孔材料比例及模具進行改良。

1.實驗步驟：秤量聚乳酸、矽藻土與小蘇打粉（比例如下表），混合均勻再放入烘焙用的杯子蛋糕矽膠模具。放入烤箱中以 180°C 烘焙 20 分鐘成型。觀察烘焙完成的聚乳酸多孔材料的外觀。

2.實驗結果

聚：矽比例	10：1	15：1	20：1
聚乳酸	10.0	10.0	10.0
矽藻土 (g)	1.0	0.67	0.5
小蘇打粉	1.10	1.07	1.05
180°C 20 分鐘 烘焙成果			
外觀	完全膠結成塊	完全膠結成塊 表面有少量焦痕	完全膠結成塊 表面有少量焦痕

3.小結：烘焙結果發現，聚乳酸和矽藻土比例為 10：1 的多孔材料很紮實，孔隙很小且很少。比例 15：1 孔隙很多且大小均勻。比例 20：1 孔隙很大但不均勻。




(三) 實驗 2-3：製作第三代（薄片狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

【受到吸油面紙的啟發，從塊狀改成片狀】

本研究參考藥妝店販售的吸油面紙，吸油面紙是柔軟的塑膠膜或紙張，用來吸附皮膚多餘的油脂，本研究也想嘗試做出類似吸油面紙的多孔材料，可以塑型放在廚房的排水管內。

1.實驗步驟：秤量聚乳酸、矽藻土與小蘇打粉（比例如下表），混合均勻放入烘焙用的平底烤盤。先在烤盤鋪烘焙紙，將材料平均鋪在紙上，再蓋上烘焙紙，最後放上烤盤疊壓。放入烤箱中以 150°C 烘焙 15 分鐘成型。觀察烘焙完多孔材料的外觀。

2.實驗結果

聚：矽比例	10：1	15：1	20：1
聚乳酸	20.0	20.0	20.0
矽藻土 (g)	2.0	1.34	1.0
小蘇打粉	2.20	2.14	2.10
150°C 15 分鐘 烘焙成果			
外觀	完全膠結成薄片 有許多泡孔	完全膠結成薄片 有許多泡孔	完全膠結成薄片 有許多泡孔




3.小結：薄片表面膠結狀況佳，但容易碎裂。

(四) 實驗 2-4：製作第四代（圓餅狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

【從片狀改回塊狀，使用不鏽鋼圓環當作模具，並測試小蘇打粉的三種比例】

1.實驗步驟：秤量聚乳酸、矽藻土與小蘇打粉（比例如下表）混合均勻，在烤盤鋪烘焙紙放上不鏽鋼圓環，將混合好的材料放在圓環鋪平蓋上烘焙紙，最後放上烤盤疊壓。放入烤箱設定 150°C 烘烤 90 分鐘。觀察成品外觀。

2.實驗結果

聚：矽 比例	10：1	15：1	20：1
聚乳酸	10.0	10.0	10.0
矽藻土 (g)	1.0	0.67	0.5
小蘇打粉	1.1	1.07	1.05
150°C 90 分鐘 烘焙成果			
外觀	未完全膠結成塊 會有顆粒掉落	完全膠結成塊 表面有少量焦痕	完全膠結成塊 表面有少量焦痕

3.小結：成塊效果佳，但製程耗時。

(五) 實驗 2-5：製作第五代（圓餅狀）熱壓烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

【改用熱壓鬆餅機製作，縮短製程時間】

1.實驗步驟

(1) 依下表比例秤量聚乳酸、矽藻土與小蘇打粉，放入燒杯中混合均勻。

		複合材料比例組合表		
		材料	10:1	15:1
小蘇打粉 10%	聚乳酸	10.0g	10.0g	10.0g
	矽藻土	1.0g	0.67g	0.5g
	小蘇打粉	1.1g	1.07g	1.05g
小蘇打粉 20%	聚乳酸	10.0g	10.0g	10.0g
	矽藻土	1.0g	0.67g	0.5g
	小蘇打粉	2.2g	2.14g	2.1g
小蘇打粉 30%	聚乳酸	10.0g	10.0g	10.0g
	矽藻土	1.0g	0.67g	0.5g
	小蘇打粉	3.3g	3.21g	3.15g

(2) 在熱壓鬆餅機的烤盤鋪上烘焙紙，再放不鏽鋼圓環，將混合好的材料倒在圓環中鋪平，再蓋上一張烘焙紙，最後蓋上熱壓鬆餅機的加熱上蓋，加熱 5 分鐘成型。觀察烘焙完成的聚乳酸多孔材料的外觀。

(3) 重複步驟 1 到 2，製作各種比例共三批。分別沖洗浸泡 60°C 溫水再烘乾。











2. 實驗結果









(1) 以熱壓烘焙含 10% 小蘇打粉的多孔材料、切開多孔材料內部的泡孔照片：

聚：矽 比例	10 : 0	10 : 1	15 : 1	20 : 1
200°C 5 分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				

(2) 以熱壓烘焙含 20%小蘇打粉的多孔材料成果切開多孔材料內部的泡孔照片：

聚：矽 比例	10：0	10：1	15：1	20：1
200°C 5分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	未完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				

(3) 以熱壓烘焙含 30%小蘇打粉的多孔材料成果、切開多孔材料內部的泡孔照片：

聚：矽 比例	10：0	10：1	15：1	20：1
200°C 5分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	未完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				

3.小結：所有比例均有結塊，可進行吸附測試。

(六) 實驗 2-6：測試第五代聚乳酸多孔材料對水食用油脂 / 油水的吸附率

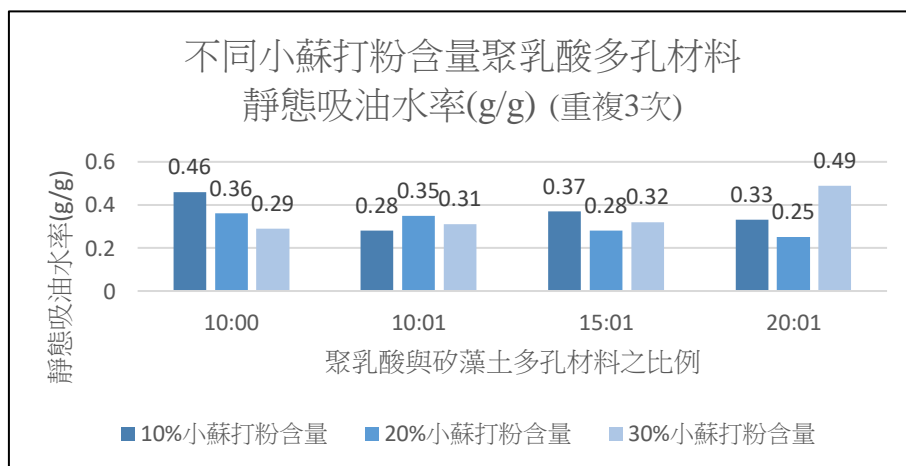
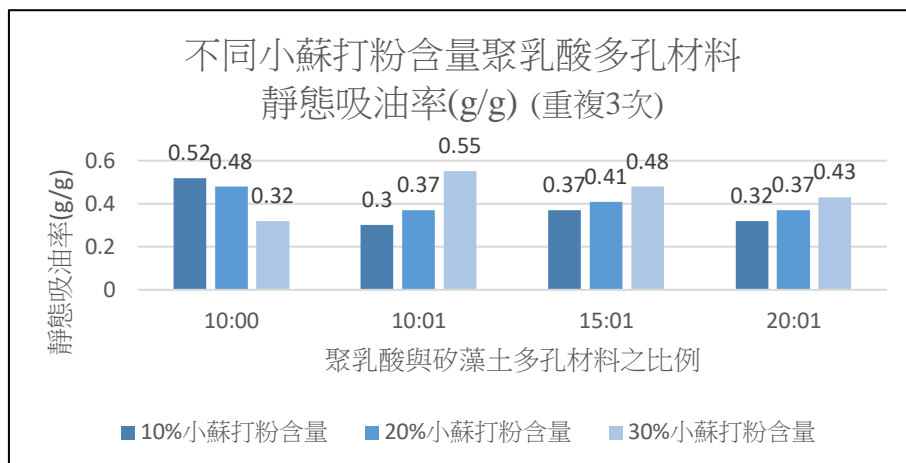
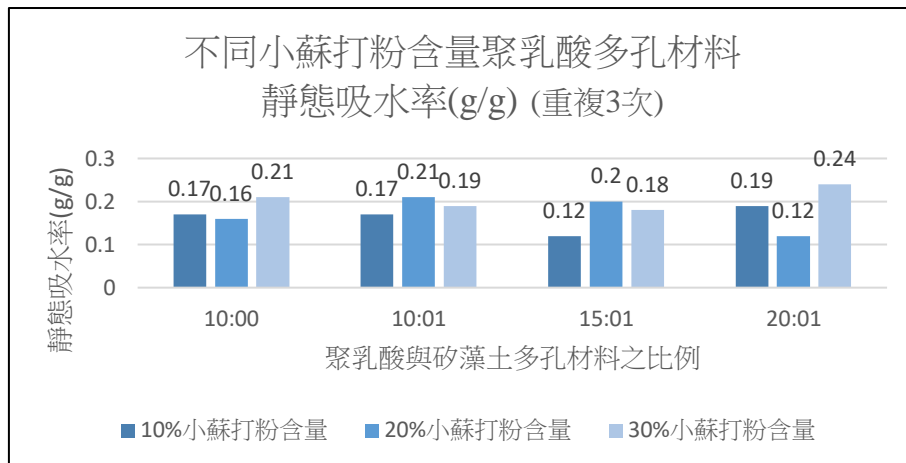
從實驗 1-2 可以知道聚乳酸相較於水具有親脂性，又因為多孔材料的內部立體泡孔增加內部表面積，所以本研究要實際進行吸附測試，用數據量化第五代多孔材料的吸附率，目標找出吸油率最佳的多孔材料比例。

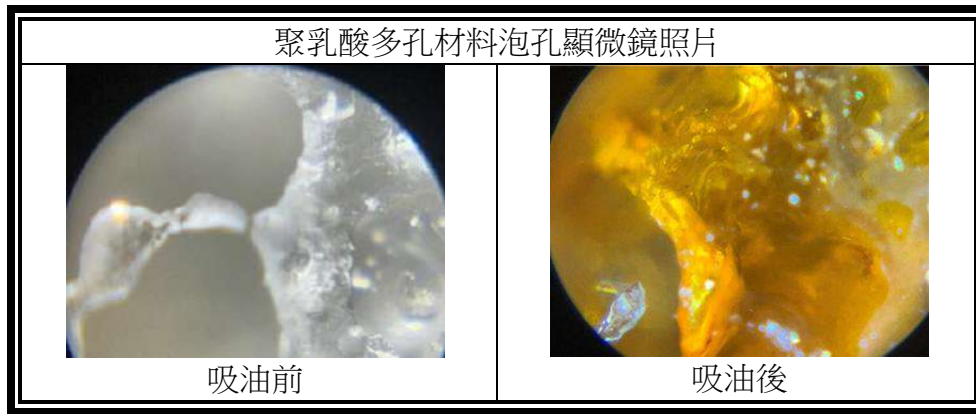
1.實驗步驟

- (1) 將烘焙好的多孔材料切成四等分並各自秤重。
- (2) 在容器中裝入八分滿的水，用鑷子夾取第一塊材料放入水中，計時一分鐘再取出秤重，即為多孔材料吸水重量。
- (3) 在容器中裝入八分滿的油，用鑷子夾取第二塊材料放入食用油脂中，計時一分鐘再取出秤重，即為多孔材料吸油重量。

- (4) 在容器中裝入八分滿的水並加入 25mL 的食用油脂，用鑷子夾取第三塊材料放入容器中，計時一分鐘再取出秤重，即為多孔材料吸油水重量。
- (5) 分別計算吸附率： $\frac{\text{吸附後重量} - \text{未吸附前重量}}{\text{未吸附前重量}}$ (g/g)
- (6) 重複步驟 1 到 6，各種比例多孔材料取得吸水/油/油水三組數據，取得平均值。

2.實驗結果





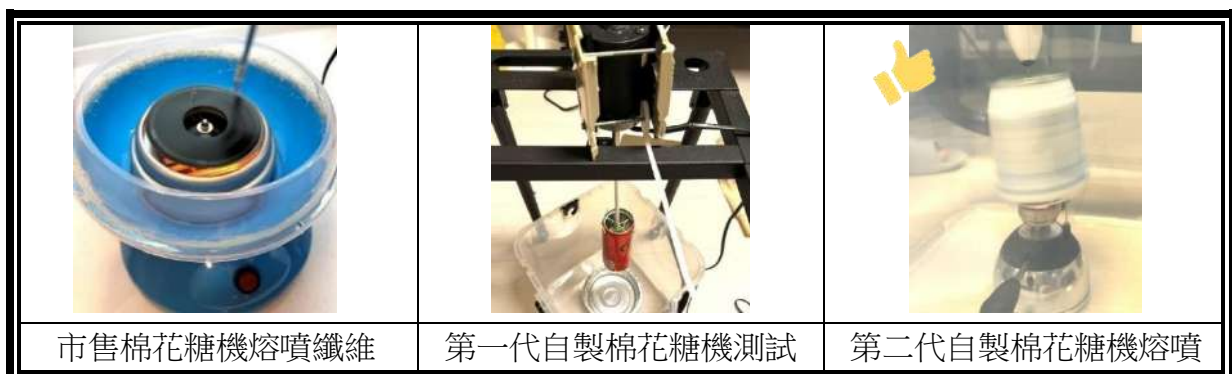
3.小結：本研究選出吸油及油水都有相當穩定優異表現的聚乳酸多孔材料，比例：純聚乳酸含 10%小蘇打粉，在實驗 4 與市售產品的競爭比較。

3、處理油污水方案二：回收聚乳酸廢料熔噴纖維






本研究為了提升聚乳酸廢材的吸油率，以及達到重複使用的環保目標，重新思考製備方法，參考聚丙烯纖維的製程，改變聚乳酸的結晶方向，用棉花糖機噴絲製成聚乳酸纖維，希望能增加孔隙來提升吸油率。本研究很好奇如果運用實驗 2 小蘇打粉遇熱發泡的原理，是否會使熔噴的纖維有不同的效果，故添加不同比例小蘇打粉到聚乳酸粉末中進行測試。

(一) 實驗 3-1：製備聚乳酸纖維的最佳比例

1.實驗步驟：量取 30g 製備好的聚乳酸粉末三份，其中二份依序加入小蘇打粉 3g、6g，做成 0%、10%、20%小蘇打粉含量的聚乳酸粉末。準備棉花糖機和一支木棍，不需先預熱。用湯匙量取 1g 聚乳酸粉末倒入棉花糖機中間圓盤的凹槽，開始加熱。等待噴出細絲時，用木棍蒐集細絲並集結成團。若纖維太緊密或太粗，關掉電源，待涼，再重新噴絲。重複上述步驟到該比例的粉末使用完畢，總共製作三種比例的聚乳酸纖維。



2. 實驗結果

小蘇打粉比例	纖維顏色	纖維外觀	纖維照片	顯微鏡照片
👍 0%	白色	纖維最粗、最長		
10%	淡褐色	纖維細		
20%	褐色	纖維最細、容易斷裂 開始出現膠結點		

3. 小結：0%小蘇打粉的聚乳酸纖維最粗，不易斷裂。

(二) 實驗 3-2：測試聚乳酸纖維靜態吸水、靜態吸油、動態吸油、動態選擇性吸油率

把待測物質放入水或油中浸泡，稱為「靜態吸水／油」。另外模擬廚房傾倒油汙水的狀態稱為「動態吸附測試」，把 100%油倒入待測物質，稱為「動態吸油」；傾倒三種油水混合比例（80%油 20%水、50%油 50%水、20%油 80%水）則稱為「動態選擇性吸油」。

1. 實驗步驟

(1) 靜態吸水：取一塊 1.0g 0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維秤重（前重 g），放入裝有

30g 水的燒杯中，靜置一分鐘，用鑷子夾取至不再滴落水，秤重（吸水後重 g），扣除前重並計算吸水率 = $\frac{\text{後重}-\text{前重}}{\text{前重}}$ (g/g)。

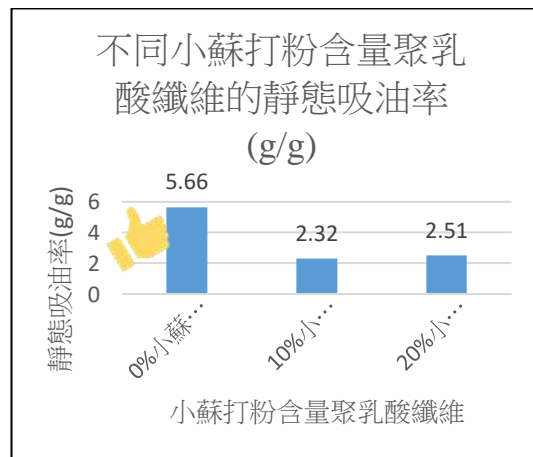
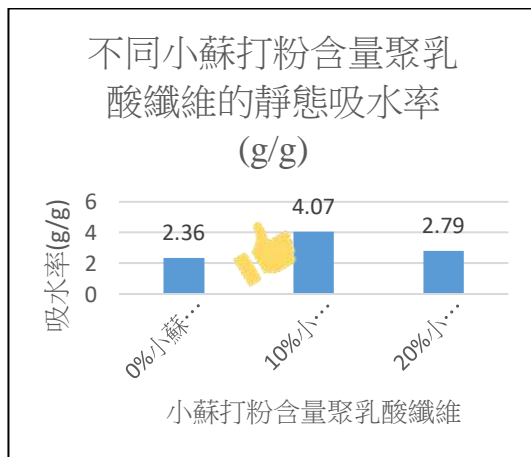
(2) 靜態吸油：取一塊 1.0g 0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維秤重（前重 g），放入裝有 30g 沙拉油的燒杯中，靜置一分鐘，用鑷子夾取至不再滴落油，秤重（靜態吸油後重 g），扣除前重並計算吸油率 = $\frac{\text{後重}-\text{前重}}{\text{前重}}$ (g/g)。

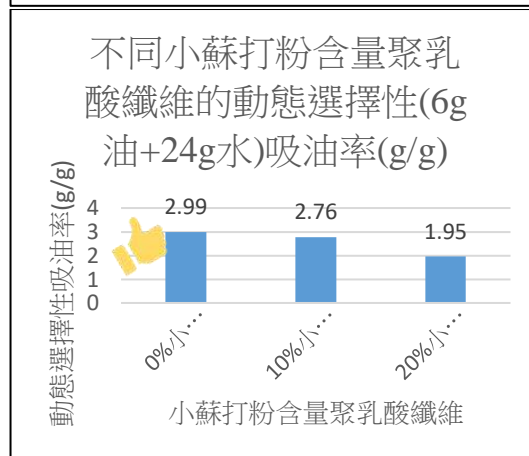
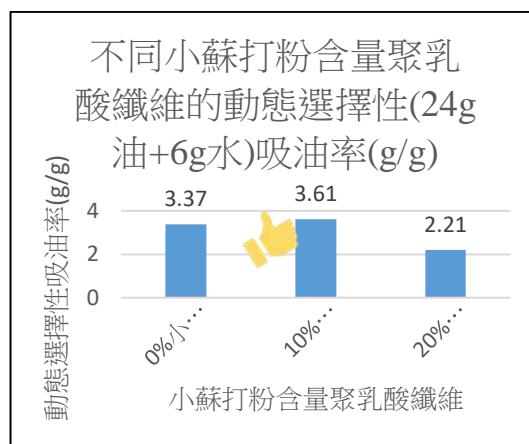
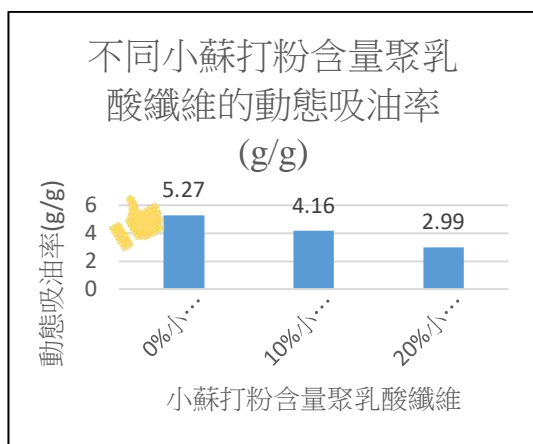
(3) 動態吸油：取一塊 1.0g 0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維秤重（前重 g），放入針筒，並倒入 30g 沙拉油，靜置一分鐘至不再滴落油，秤重（動態吸油後重 g），扣除前重並計算吸油率 = $\frac{\text{後重}-\text{前重}}{\text{前重}}$ (g/g)。

(4) 動態選擇性吸油：取三塊 1.0g 0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維秤重（前重 g），放入針筒，分別倒入三種不同比例的油水混合物（油 24g+水 6g、油 15g+水 15g、油 6g+水 24g），靜置一分鐘至不再滴落油，秤重（動態選擇性吸油後重 g），烘乾 24 小時再秤重（烘乾後重），扣除前重並計算吸油率 = $\frac{\text{後重}-\text{前重}}{\text{前重}}$ (g/g)。

(5) 用其他兩種小蘇打粉含量聚乳酸纖維重複上述步驟。

2.實驗結果





3.小結：六項吸附測試中，0%小蘇打粉的聚乳酸纖維在其中四項吸油率表現最佳。

(三) 實驗 3-3：觀察三種比例的聚乳酸纖維浸泡油中的狀態

1.實驗步驟：取三個培養皿並裝入 50mL 沙拉油。準備三種小蘇打粉比例（0%、10%、20%）聚乳酸纖維，各量取 1g 聚乳酸纖維浸入沙拉油中，靜置一分鐘，觀察。撈起吸飽油的聚乳酸纖維，並觀察培養皿中的沙拉油清澈程度。

2.實驗結果

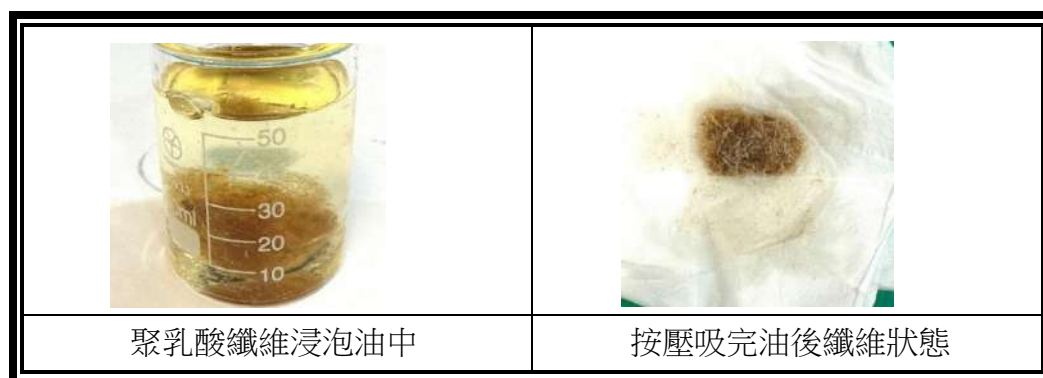
聚乳酸纖維浸泡在沙拉油的情況			
	0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維	10%小蘇打粉含量聚乳酸纖維	20%小蘇打粉含量聚乳酸纖維
	聚乳酸纖維撈起後沙拉油的情況		
0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維		10%小蘇打粉含量聚乳酸纖維	20%小蘇打粉含量聚乳酸纖維

3.小結：20%小蘇打粉的聚乳酸纖維容易碎裂，不適合進行實驗 3-4 的重複吸油測試。

(四) 實驗 3-4：測試 0%及 10%小蘇打粉含量的聚乳酸纖維重複吸油量

1. 實驗步驟

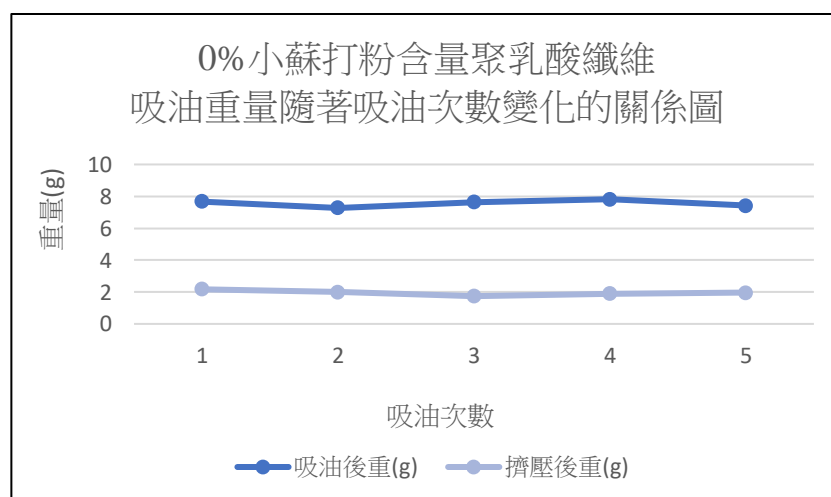
- (1) 取 50mL 燒杯並裝入 50mL 沙拉油。準備 0%及 10%小蘇打粉含量的聚乳酸纖維，各量取 1g 聚乳酸纖維浸入沙拉油中，靜置一分鐘，直到纖維吸滿油。用鑷子夾起纖維，讓多餘的油自然滴落至不再滴油，秤重（吸油後重）。
- (2) 衛生紙按壓聚乳酸纖維十次，再進行秤重（按壓後重）。使用同一塊纖維，重複上述步驟五次。



2. 實驗結果

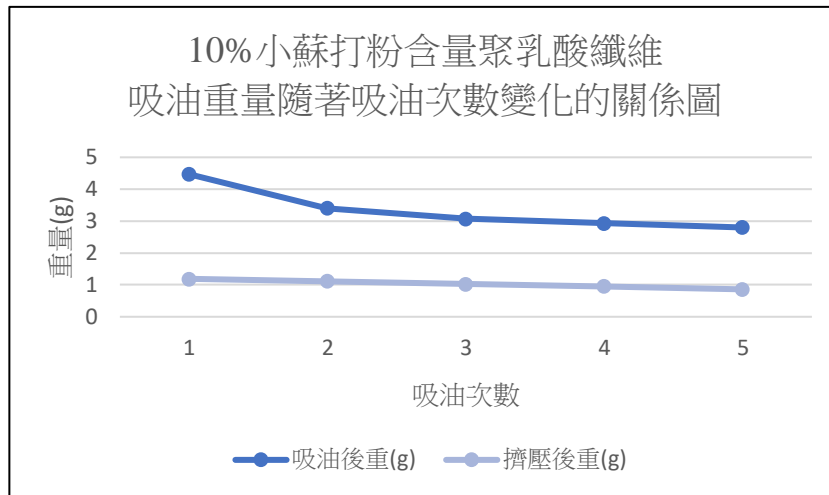
- (1) 0%小蘇打粉含量聚乳酸纖維重複吸油量結果：

吸油次數	1	2	3	4	5
吸油後重(g)	7.67	7.27	7.63	7.82	7.42
擠壓後重(g)	2.17	2	1.74	1.89	1.96



- (2) 10%小蘇打粉含量聚乳酸纖維重複吸油量結果：

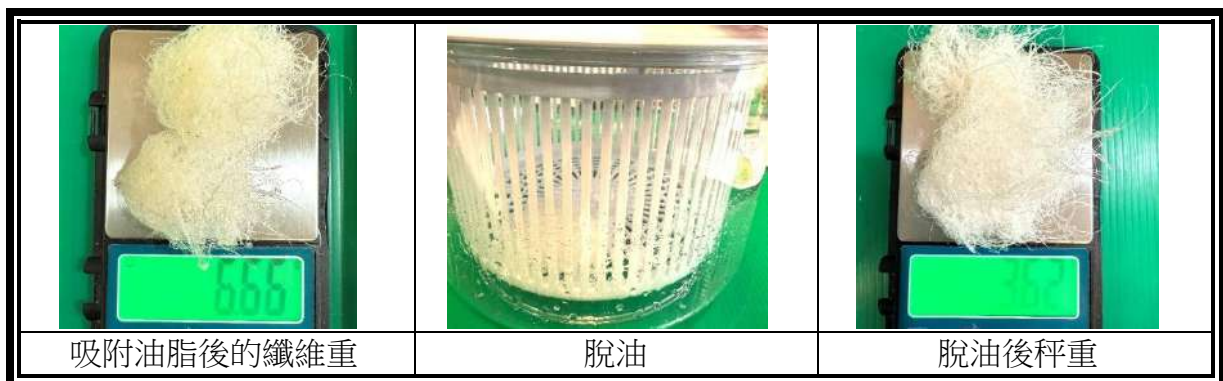
吸油次數	1	2	3	4	5
吸油後重(g)	4.47	3.4	3.07	2.93	2.8
擠壓後重(g)	1.19	1.11	1.02	0.95	0.86



3.小結：0%小蘇打粉的聚乳酸纖維材料耐用性可反覆使用 5 次以上。

(五) 實驗 3-5：吸附油脂的聚乳酸纖維脫油測試

1.實驗步驟：將 3g 聚乳酸纖維浸泡於沙拉油中，取出秤重（吸附重）。再放入家裡的蔬菜瀝水器中，旋轉 20 次，取出纖維並秤重（脫油重）。



2.實驗結果

聚乳酸纖維重(g)	吸附油脂後重(g)	脫油後重(g)
3.00	6.66	3.62







3.小結：經過家中簡易脫油程序，聚乳酸纖維可回復到接近其本體的重量。

(六) 實驗 3-6：聚乳酸纖維成型工藝（一）




本研究想把聚乳酸纖維塑型呈圓餅狀放在瀝水杯中或直接做成瀝水杯的形狀，然而在**實務上會使用熱壓成型機，加壓加溫來成型**，但家中沒有類似的機器設備可以控制壓力和溫度，所以本研究發想，或許可以使用行李真空壓縮袋，將纖維內的空氣抽光，利用大氣壓力把纖維聚縮在一起，再用吹風機的熱風溫度約 55°C，隔著真空壓縮袋加熱成型。

1. 實驗步驟

- (1) 量取 10g 聚乳酸纖維，先用手揉捏成團再壓扁成圓餅狀，放在不鏽鋼圓環，再放入行李真空壓縮袋，壓緊壓條，用吸塵器抽氣至空氣抽光。用吹風機隔著真空袋對著聚乳酸纖維吹熱風使其塑型，正反面各吹 10 秒取出放涼再脫模。
- (2) 量取 30g 聚乳酸纖維，將其鋪平在瀝水杯的內層，中間再放 50mL 小燒杯，放入行李真空壓縮袋，步驟同上，因面積較大，各表面都需使用吹風機熱風吹 10 秒塑型取出，放涼後再脫模。

		
聚乳酸纖維放在行李真空壓縮袋	吸塵器抽氣	吹風機加熱
		
聚乳酸纖維放在瀝水杯內側	抽氣後加熱	待涼後脫模

2. 實驗結果

		
聚乳酸纖維過濾餅(初代)	聚乳酸纖維濾油杯(側面)	聚乳酸纖維濾油杯狀(俯視)

3. 小結：聚乳酸纖維可透過行李真空壓縮袋和吹風機塑型。

(七) 實驗 3-7：聚乳酸纖維成型工藝（二）

本研究思考在實驗 3-6 製作的聚乳酸纖維過濾餅及濾油杯，或許會有纖維碎屑掉落到排水管，最終流至大海造成海洋污染的疑慮，故本研究觀察家中的**咖啡掛耳式濾袋**，以其概念為雛型發想，**將咖啡濾紙結合聚乳酸纖維來製作簡便的濾油袋**。

1. 實驗步驟：

- (1) 取一張咖啡濾紙浸泡於水中充分浸濕後，再垂掛五分鐘讓多餘的水滴乾。秤量 10g 未添加小蘇打粉聚乳酸纖維，放入其中一杯裝有浸溼咖啡濾紙的瀝水杯。
- (2) 模擬家庭油污水（家庭油污水通常是油占油污水的 20%），水 80mL、油 20mL（20mL 油秤重為 17.5g），倒入，取出分別秤重。烘乾 12 小時後，再秤重。



2. 實驗結果

	聚乳酸重(g)	濾紙重(g)	聚乳酸吸油量(g)	濾紙吸油量(g)	總吸油量(g)
聚乳酸纖維濾掛袋	10	1.14	15.96	1.54	17.5

3. 小結：聚乳酸纖維搭配咖啡濾紙能避免纖維掉落，有效承接所有 17.5g 所有的油量。

4、聚乳酸多孔材料纖維與市售產品的吸附測試比較

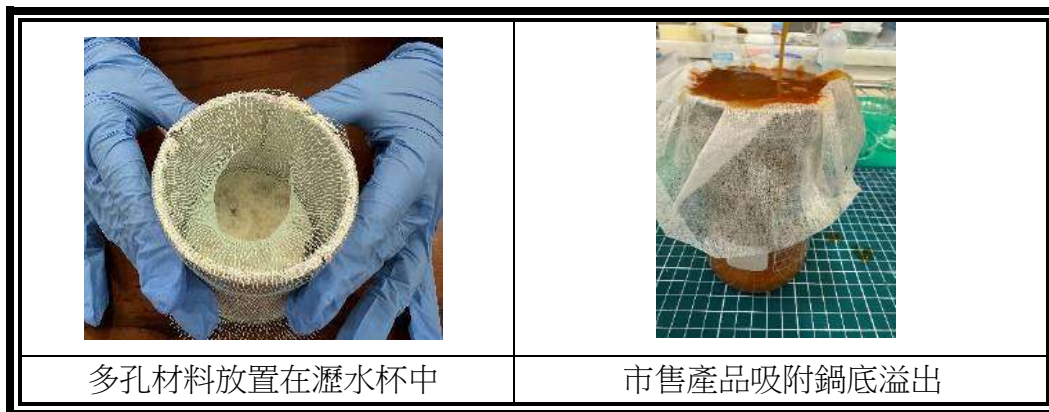
本研究在實驗 2-6 和實驗 3-2 找出吸油率最佳的多孔材料（純聚乳酸加 10% 小蘇打粉）及纖維（純聚乳酸），並選擇產品屬性較接近的市售產品（油渣完封袋）進行比較。為了模擬廚房實際洗碗的狀況，我們選擇油脂比例高的麻辣湯進行測試，比較聚乳酸多孔材料、聚乳酸纖維及市售產品的吸油率及吸水率。

(一) 實驗 4：聚乳酸多孔材料 / 纖維與市售產品吸附市售鍋底吸油及吸水測試

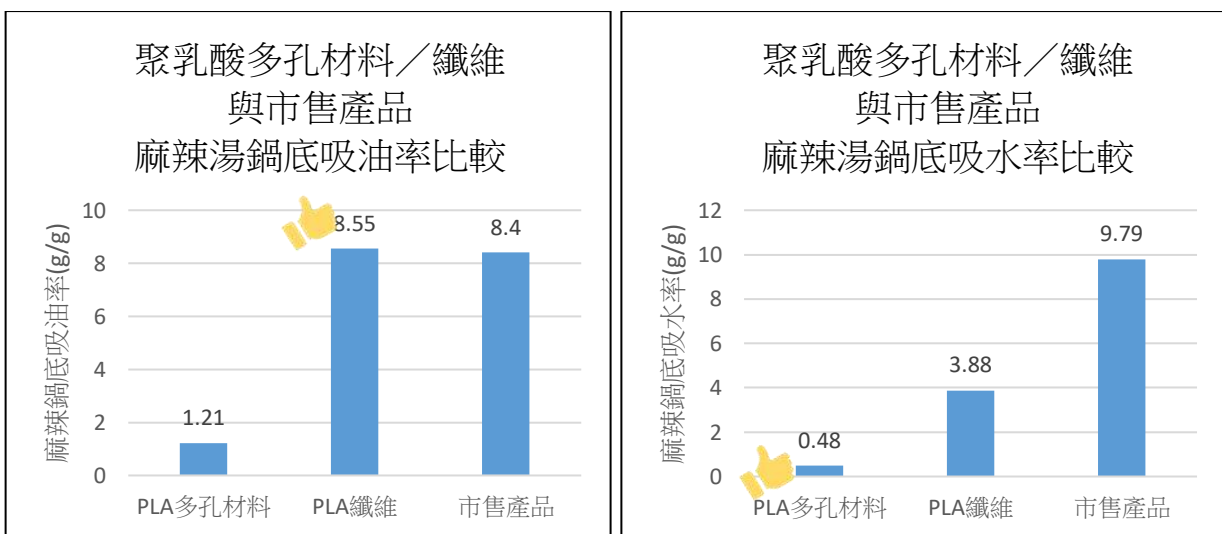
1. 實驗步驟

- (1) 將聚乳酸多孔材料、纖維和市售產品（油渣完封袋）放入瀝水杯中。將麻辣湯過濾去除大顆雜質，量取 500mL 的麻辣湯分別倒入待測物質。
- (2) 待液體流光再取出秤重（含油與水分），放入乾果機 12 小時烘乾，再次秤重

(烘乾後重)。算出吸油率 (g/g) 及吸水率 (g/g)，比較三者差異。



2. 實驗結果



3. 小結：聚乳酸纖維擁有最高的吸油率及次低的吸水率，快速達成油水分離的目標。

市售產品需花至少 2 個小時靜置才能過濾完進行秤重，實際使用很不方便。

伍、討論

1、探討聚乳酸、矽藻土及纖維素的吸油能力 (實驗 1-1~1-2)

(一) 實驗 1-1：探討矽藻土、纖維素、聚乳酸直接對食用油脂的吸油量測試

1. 分別在這三種材料中直接加油，持續攪拌到如麵團般的團塊，表示已充分吸油並凝聚成團，若再加入過多的油則會破壞凝聚力而變成泥狀，充分考驗操作者的經驗。
2. 三種材料以纖維素的直接吸油率最高，聚乳酸最低。但直接滴油仍與廚房油汙水的狀態不同，所以本研究設計實驗 1-2 來模擬油水混合的測試這三種材料吸附狀況。

(二) 實驗 1-2：探討矽藻土、纖維素、聚乳酸在水中吸附食用油脂的情況

1. 實驗結果發現**聚乳酸在水中吸附油脂的效果最明顯**，實驗組在滴入沙拉油之前，聚乳酸顆粒隨機分布在水中，但**滴入沙拉油的那一瞬間，突然有一股力量讓聚乳酸顆粒往沙拉油的方向聚集，聚乳酸顆粒將油珠包覆成團，最後下沉到燒杯底部，水面上剩餘的油珠最少，證明聚乳酸相較於水具有親脂性。**
2. 本研究發現矽藻土直接加沙拉油的時候，會成團像黏土一樣，但是在水中吸油時效果並不明顯，可能是矽藻土擁有極強的吸水力，已吸飽水份而無法再吸油。
3. 實驗組稻草纖維有的下沉、有的懸浮，目視仍可見水面有部分油珠。本研究推測可能是部分稻草纖維吸飽水份下沉，因為其已飽和無法再吸油，導致其在油水混合的吸油效果沒有特別突出，所以暫時先不列入本實驗的多孔材料。

2、處理廚房油汙水方案一：回收聚乳酸廢料烘焙多孔材料（實驗 2-1~2-6）

（一）實驗 2-1：製作第一代（方塊狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

1. 本研究發現當聚乳酸和矽藻土比例為 2：1 的時候，不論烘焙溫度及時間，所烘焙出來的成品粉末多且易碎，成型效果不佳，推測可能是矽藻土比例太高、聚乳酸膠黏劑的比例太少，導致不容易膠結，所以無法完全黏合所有材料。
2. 本研究想到用烘焙紙摺成的小方盒作為模具，優點是方便脫模和製作，缺點是只能使用一次，也因為材質軟，所以烘焙出來形狀略有差異。在實驗初期方便作為測試多孔材料配方的可行性工具。

（二）實驗 2-2：製作第二代（圓餅狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

1. 我們發現第二代多孔材料全部都有咖啡色焦狀物，**散發類似焦糖餅乾的香味**，推測可能是聚乳酸因長時間加熱而燒焦，因此需要改變溫度與時間，避免燒焦。

（三）實驗 2-3：製作第三代（薄片狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

1. 實驗結果發現薄片狀多孔材料的優點在於材料扁平且泡孔分布均勻，但缺點是泡孔扁平，內層立體結構支撐不足，導致第三代多孔材料脆且易碎，所以用剪刀裁剪時很容易碎裂呈不規則形狀，無法完整做出圓形。對此，本研究也曾嘗試把多孔材料鋪灑呈圓形烘烤成形，但形狀略有差異仍需修剪，因此下一階段將改良烘焙模具。

（四）實驗 2-4：製作第四代（圓餅狀）烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

1. 本研究使用不鏽鋼圓環作為模具，是因為它的尺寸可以調整到與瀝水杯內徑相符合。為了避免與多孔材料接觸黏住，因此把不鏽鋼圓環包上一層烘焙紙以利脫模。
2. 實驗原先設計以烤箱溫度 150°C 及烘焙時間 45 分鐘來製備多孔材料，但實際烘焙時間卻花了 90 分鐘，推測影響烘焙的原因有：
 - (1) 不鏽鋼圓環的厚度較先前的模具都要厚約為 1 mm，導致在烤箱內烘烤時溫度要傳導至多孔材料中心需要較長的時間。
 - (2) 烤箱是採用電熱管加熱烤箱內的空氣來進行烘烤，相較於實驗 2-1 和 2-2，上層再多蓋了一個烤盤疊壓，導致熱空氣沒有直接接觸材料，兩個烤盤中間夾著不鏽鋼圓環使熱空氣循環不佳，延長烘焙時間。

(五) 實驗 2-5：製作第五代（圓餅狀）熱壓烘焙發泡成型聚乳酸複合多孔材料實驗

1. 本研究思考幾種加熱烘焙方式：
 - (1) **微波爐加熱**：因為微波爐會發射微波震動水分子摩擦震動產生熱量，分子運動越快溫度越高，但微波爐有加熱不均勻的問題，且乾的東西不能微波，否則會起火燃燒。本實驗的多孔材料無須加水，故不適合用微波爐加熱。
 - (2) **加熱板加熱**：加熱時熱能會迅速傳導到整個平面，產生均溫的效果。但如果僅有底部加熱，本研究多孔材料上方的材料仍有可能呈粉末狀。
 - (3) **熱壓鬆餅機加熱**：常見的吐司熱壓機或鬆餅機，上下由兩塊加熱板組成，改善加熱板只有下方加熱的缺點，而且**上下方的加熱板緊貼不鏽鋼圓環，中間不需要再用烤盤疊壓，可以快速直接加熱**。本研究實際測量熱壓鬆餅機通電預熱後上下加熱板的溫度，**實際溫度大約在 190°C 至 200°C 之間**，符合本實驗希望碳酸氫鈉加熱的溫度（127°C 至 270°C 之間）。

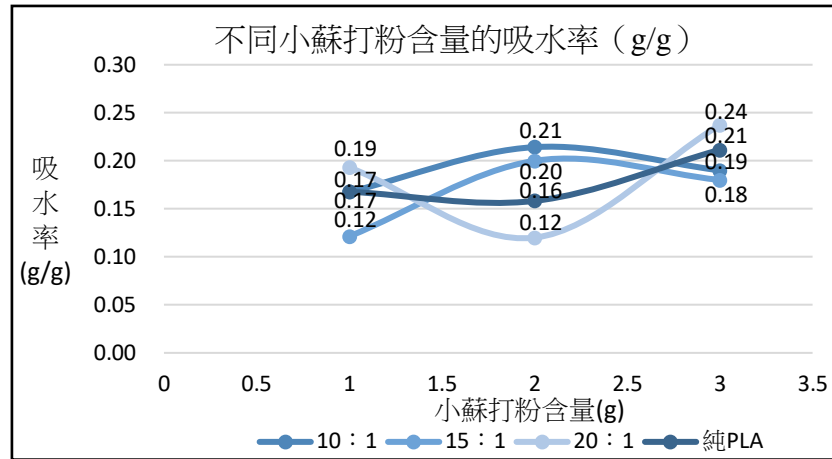
經過上述不同的加熱方式的討論，本實驗將以熱壓鬆餅機進行烘焙。

2. 研究結果顯示未加入矽藻土的多孔材料成品，泡孔分布不均，有大泡孔及小泡孔，甚至有的泡孔塌陷；加入矽藻土的多孔材料成品，泡孔較小、分布較均勻。
3. 本研究用石蕊試紙測試泡在水中的多孔材料，石蕊試紙測試呈現**弱鹼性**的顏色 pH8 左右，推測有部分未完全分解的小蘇打粉溶於水中。為避免小蘇打粉影響後續的吸

附測試，所以用溫水沖洗並浸泡多孔材料，洗去過多的小蘇打粉。

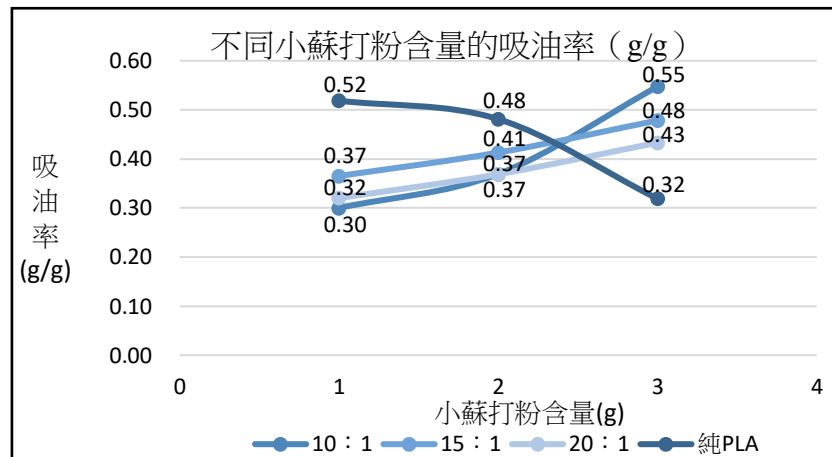
(六) 實驗 2-6：測試第五代聚乳酸多孔材料對水 / 食用油脂 / 油水的吸附率

1. 將實驗 3 的吸水率結果（重複 3 次）依不同比例的組別共同繪製成趨勢圖如下：



(1) 研究結果顯示當小蘇打粉含量 20%或 30%的多孔材料，其吸水率都比 10%的該比例多孔材料高。本研究推測可能是因為小蘇打粉含量越多，烘焙後的多孔材料細小的孔隙越多，水分子進入孔隙卡在裡面，因此吸水量也越多。

2. 將實驗 3 的吸油率結果（重複 3 次）依不同比例的組別共同繪製成趨勢圖如下：

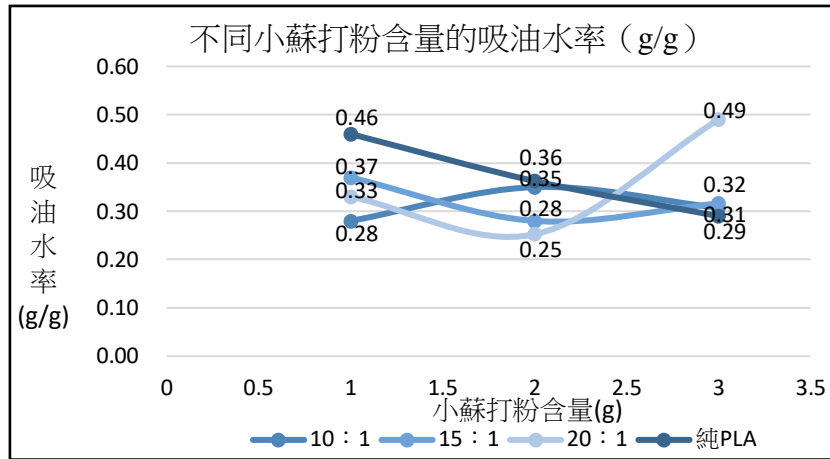


(1) 研究結果顯示，添加矽藻土的多孔材料，當小蘇打粉含量越高的多孔材料，其吸油率也會增加。本研究推測較多的小蘇打粉在烘焙時產生的二氧化碳量較多，所以發泡造成的孔洞也越多，增加內部空間表面積，因此吸油率也增加。

(2) 未添加矽藻土的多孔材料，所呈現的結果恰好相反，10%小蘇打粉比 20%、30%的發泡效果好，吸油率也最佳。本研究推測可能是因為在**純聚乳酸、10%小蘇打粉**時，它的泡孔最大，所以油分子進入泡孔被聚乳酸所拉住，所以在吸油

的表現比吸水的效果好。但是，純聚乳酸、30%小蘇打粉的吸油率反而下降，推測是因為孔洞塌陷、表面積降低，反而不利吸納油脂，造成吸油率降低。

3. 將實驗 3 的吸油水率結果（重複 3 次）依不同比例的組別共同繪製成趨勢圖如下：



(1) 測試多孔材料在油水環境下吸油水率，是模擬在廚房中洗滌時的油汙水，實驗結果顯示，並不是小蘇打粉含量越高的多孔材料其吸油水率也越高。本研究觀察 10%小蘇打粉在烘焙時發泡造成的孔洞最適中，不會因為過量或不足造成孔洞過大或是偏小且不足，適當增加內部空間的表面積，在油水環境下也有不錯的吸附率。

3、處理廚房油汙水方案二：回收聚乳酸廢料熔噴纖維（實驗 3-1~3-7）

（一）實驗 3-1：製備聚乳酸纖維的最佳比例

1. 聚乳酸的熔點在 140°C，但是市售棉花糖機實測溫度在 230°C以上，溫度太高容易燒焦，故本研究自製棉花糖機來控制加熱溫度。
2. 本研究發現小蘇打粉含量 10%、20%聚乳酸纖維有黃化的問題，推測可能的原因：
 - (1) 有可能是因為小蘇打粉遇熱升溫，雖然未達分解，卻影響造成聚乳酸焦化。
 - (2) 也有可能是因為市售棉花糖機溫度太高導致聚乳酸燒焦而產生膠結點。

本研究為了解決上面的疑點，所以自製棉花糖機，並以紅外線溫度槍隨時監控溫度變化。本研究發現自製的棉花糖機控制溫度在 140°C時，10%、20%小蘇打粉含量的聚乳酸纖維一樣會有黃化的現象，推測是小蘇打粉加熱後導致纖維顏色變深。

（二）實驗 3-2：測試聚乳酸纖維靜態吸水、靜態吸油、動態吸油、動態選擇性吸油率

1. 本研究觀察到當油水流過纖維，流下來的液體滴入裝有油汙水的燒杯時，在油脂層

會形成大大小小的泡泡，那些泡泡會往下掉到油和水的分界線，碰到分界線時泡泡會破掉，原來那些泡泡是比油密度還大的水，可知纖維分離出來的液體有水。

2. 本研究發現在靜態和動態吸油測試中，0%小蘇打粉的聚乳酸纖維，其吸油率最佳。0%小蘇打粉聚乳酸纖維的靜態吸油率，是 10%及 20%小蘇打粉的聚乳酸纖維吸油率的兩倍。
3. 在動態選擇性吸油測試中，本研究觀察到含油量較高的液體通過聚乳酸纖維時，流速會變緩慢，好像有一種牽引的力量抓住油分子；反之，在含水量較高的液體通過聚乳酸纖維時，流速很快，很快就流完了。本研究推測，聚乳酸纖維有很多的孔隙，油分子流經聚乳酸纖維的表面，猶如界面活性劑接觸油脂會吸附一樣，聚乳酸纖維也會拉住油分子，導致液體流速變慢。

(三) 實驗 3-3：觀察三種比例的聚乳酸纖維浸泡油中的狀態

1. 本研究觀察到 20%小蘇打粉的聚乳酸纖維，浸泡完沙拉油後會有殘留的纖維，所以不適合用來做重複吸油測試。
2. 本研究發現小蘇打粉含量比例越高，纖維也變得很細、易碎，很容易在沙拉油中散開。本研究推測有可能是小蘇打粉遇熱分解後產生的離子，游離衝撞破壞原本聚乳酸長鏈狀的結構，導致裂解，質地變得很容易碎裂。

(四) 實驗 3-4：測試 0%及 10%小蘇打粉含量的聚乳酸纖維重複吸油量

1. 本研究發現 10%小蘇打粉的聚乳酸纖維經過連續三次吸油及衛生紙按壓後，少於它原本的本體重量 1g，衛生紙上可以看到少許的微小碎屑掉落，所以 10%小蘇打粉的聚乳酸纖維有其使用極限，最多只能重複使用三次。
2. 未添加小蘇打粉的聚乳酸纖維，材料耐用性可反覆使用 5 次以上。經過連續五次的吸油及衛生紙反覆按壓後，仍維持一定的吸油量和本體重，沒有纖維碎屑掉落，可以達到有效重複吸油的目標。

(五) 實驗 3-5：吸附油脂的聚乳酸纖維脫油測試

1. 聚乳酸纖維本體為 3.0 克，吸油後重為 6.66 克，脫油後重 3.62 克，總共減少 3.04 克的沙拉油，脫油後的重量已經相當接近纖維本體的重。

2. 肉眼可以明顯看見蔬菜瀝水器外容器的內壁布滿油珠，故可知家用的蔬菜瀝水器有不錯的脫油效果。
3. 本研究推測相較於極性溶液的水，聚乳酸具有部分的親脂性而拉住油分子，透過家用的蔬菜瀝水器的高速離心力，可將油分子甩出去，恢復聚乳酸纖維吸油前的重量，可以使聚乳酸纖維重複使用，回收的廢油還能再利用製成肥皂，一舉兩得。

(六) 實驗 3-6：聚乳酸纖維成型工藝（一）

1. 本研究曾嘗試使用一般廚房夾鏈袋進行抽氣，但是夾鏈袋沒有專用的抽氣孔，所以抽氣效果不佳，沒有辦法有效的將聚乳酸纖維聚集在模具內。而且一般廚房用的夾鏈袋不耐熱，吹風機 55°C 的熱風會導致夾鏈袋破洞。
2. 本研究最後使用行李真空壓縮袋用吸塵器抽氣，抽氣效果很好，聚乳酸纖維緊密的固定在不鏽鋼圓環及瀝水杯內，經過吹風機熱風加熱，行李真空壓縮袋仍完好如初。可見工廠的熱壓成型機加熱加壓的原理，也能運用家中手邊的工具實現。
3. 本研究製作的初代聚乳酸纖維過濾餅及瀝油杯脫模取出後，都有不錯的成型效果，沒有纖維掉落的情況。
4. 使用吹風機熱風塑型瀝水杯時，應注意溫度不宜太高，加熱時間也不宜過長，避免聚乳酸纖維過度加熱而軟化塌陷。

(七) 實驗 3-7：聚乳酸纖維成型工藝（二）

1. 本研究參考咖啡濾掛袋的概念，選用環保的咖啡濾紙，放入聚乳酸纖維，結果顯示聚乳酸纖維可承接 91% 的油量，濾紙協助承接剩下的油量和些許掉落的纖維，兩相搭配之下可有效避免油汙和纖維流入排水管，最終流至大海，造成海洋汙染。

4、聚乳酸多孔材料纖維與市售產品的吸附市售鍋底測試比較（實驗 4）

(一) 實驗 4：聚乳酸多孔材料纖維與市售產品吸附市售鍋底吸油及吸水測試

1. 本研究一開始先做簡單的滴水、滴油測試，發現市售產品的吸附能力相當優異，不論是滴水或滴油都能迅速吸收。
2. 市售產品（油渣完封袋）：用市售鍋底麻辣湯測試時，湯底不僅有油和水，還有雜質混雜其中，造成市售產品的孔隙被塞滿，導致湯水滿出來，爸爸媽媽實際在廚房洗

碗使用市售產品也同樣發生水槽淹水的問題。本研究將滿溢的市售產品靜置 2 小時後，湯水才逐漸下降。使用上的不便利性，降低爸爸媽媽使用市售產品的意願。

3. **聚乳酸多孔材料**：本研究製作的多孔材料大小尺寸剛好，把多孔材料放在水槽濾網袋內，再放入瀝水杯，過濾完後再拉出濾網袋觀察，操作相當簡便。本研究發現多孔材料的泡孔能阻隔雜質進入排水管，可使排放的汗水減少油脂和殘渣。多孔材料的吸水率是低的僅有 0.48g/g，但可惜的是它的吸油率只有 1.21g/g 是三者最低的。
4. **聚乳酸纖維**：為了提升吸油率而製作的聚乳酸纖維，在麻辣湯測試吸油率為 8.55g/g，是三者最高的，擁有優異的吸油效果，而且聚乳酸纖維吸水率比市售產品少 5.91g/g，顯示本研究所製作的聚乳酸纖維不僅能成功的捉住油脂並濾出水份，甚至比市售產品的油水分離效果更好。

陸、結論

- 1、聚乳酸在水中與油脂有很明顯的吸引效果，可知相較於水，聚乳酸具有部分親油性；矽藻土本身有很好的吸水率。故本研究結合矽藻土和聚乳酸兩種材料製造多孔材料。
- 2、本研究針對烘焙技術和比例歷經五次的改良，最終採用熱壓鬆餅機加熱，烘焙時間僅需 5 分鐘，大幅縮短製程時間。市售的不鏽鋼圓環與瀝水杯的內徑大小相符，搭配水槽濾網袋，使用上更為簡便。未添加矽藻土、小蘇打粉含量 10% 的聚乳酸多孔材料，它的發泡效果很好，泡孔大且明顯，並具有較佳的吸油及吸油率。可知適量的小蘇打粉在烘焙時即可成功發泡，適當增加內部泡孔表面積，使其具有較佳的吸油率。
- 3、自製棉花糖機控溫在 140°C，可熔噴出白色聚乳酸纖維，加入 10% 及 20% 小蘇打粉熔噴出的聚乳酸纖維變褐色且容易斷裂。從吸附測試結果可知，未添加小蘇打粉的聚乳酸纖維擁有極佳的吸油率。與實驗 2-6 多孔材料靜態吸油率相比，未添加小蘇打粉的聚乳酸纖維是 10% 小蘇打粉純聚乳酸多孔材料的 10.89 倍。未添加小蘇打粉的聚乳酸纖維經測試可重複使用五次以上，搭配家中蔬菜瀝水器簡易脫油程序也能恢復到將近纖維本體的重量。最後本研究發想兩種聚乳酸纖維的吸油應用，一是透過行李真空壓縮袋固定纖維抽氣給其壓力，並以吹風機 55°C 熱風成型，成功製成聚乳酸纖維過濾餅及瀝

水杯，二是把聚乳酸纖維放入咖啡濾紙，以咖啡濾掛包的形式處理廚房油汙水。

- 4、市售產品在實際鍋底的測試下會滿出來，油水分離效果不佳，需靜置兩小時水位才會逐漸下降，實際使用上很不方便；聚乳酸多孔材料搭配水槽濾網袋放在瀝水杯內，可進行油水分離，並阻隔雜質進入排水管，操作簡單，可惜吸油率僅有 1.21g/g；聚乳酸纖維經測試擁有最佳的吸油率，每 1 公克聚乳酸纖維可吸附 8.55 公克的麻辣湯油脂，而且聚乳酸纖維吸水率比市售產品少 5.91g/g，顯示本研究製作的聚乳酸纖維可以成功捉住油脂並濾出水份，回收的聚乳酸廢材有效實現油水分離的技術。
- 5、未來生活應用：聚乳酸纖維可以做成過濾餅及瀝水杯處理廚房油汙水的問題，使用過的過濾餅及瀝水杯，可回收廢油製作肥皂，也能進行堆肥，瀝水杯也能種植植栽。聚乳酸多孔材料質地堅硬具有孔洞、吸水率低，也很適合放在花盆底部作為填充材。
- 6、我們成功製作了有效的油水分離材料，並建議未來的研究可以探索不同孔徑和結構的材料，以進一步提高油水分離效率。此外，推廣這種環保材料在家庭中的應用，將有助於減少環境污染。

柒、參考文獻資料

- 王品芳、吳昀軒（2020）。製備超疏水性修飾石墨烯海綿應用於廢油回收。2020年台灣國際科學展覽會優勝作品專輯作品說明書。作品編號：200008。
- 王哲、李琛（2022）。植物纖維多孔材料泡孔分佈影響因素。**包裝工程**，(1)，26-34。
- 王權泉、蔡官旺、郭柏謙、林澤龍、孫茂誠、陳忠益（2014）。聚氨基酯/聚乳酸製備可分解高分子發泡材之機械、分解性及熱性質研究。經濟部工業局第六屆全國紡織技術論文競賽。
- 張翼（2014）。奈米纖維/聚乳酸綠色複合材料之研究〔碩士論文，朝陽科技大學〕。臺灣博碩士論文知識加值系統。
- 黃靜萱、黃珺欣、鍾芮怡、劉臻（2022）。廚師免嗽、地球免驚：石化塑膠 Out!-環保 PLA 廚濾膜自製與堆肥降解實驗。2022 全國科學探究競賽作品 MP4 檔。
- 蔡宜均（2017）。環保分離槽——「油切」~水分離模式。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書。作品編號：080814。

【評語】 083003

本作品以廢棄的 3D 列印線材回收再利用，製備具有孔洞的聚乳酸吸附材進行油水分離的實驗，解決家庭廚房油污的問題，達到資源再利用和解決生活問題的目的，具環保永續之意義。本研究控制加熱溫度、加熱時間、模具大小和形狀等變因，製作聚乳酸多孔材料的過程詳盡。實驗步驟說明詳細，具探究精神，值得鼓勵。建議可說明為何要比較聚乳酸、矽藻土及纖維素這三者的吸油能力？並以量化數據呈現吸油實驗的結果。

作品簡報



我是「捉油」大師——

回收聚乳酸廢料
應用於油水分離技術



摘要

為了解決家庭廚房油汙水堵塞排水管的問題，回收聚乳酸(PLA) 3D 列印線材廢料，透過家裡手邊現有的工具和材料：

- 1 用烤箱及熱壓鬆餅機把小蘇打粉加熱產生二氧化碳，有效形成內部具有泡孔的聚乳酸多孔材料。
- 2 自製棉花糖機熔噴製成聚乳酸纖維，結果顯示聚乳酸纖維吸油率比市售產品好，甚至可以重複吸油至少五次。

聚乳酸廢料回收再利用作成過濾材，還可重複使用，比一次性使用的市售產品更環保。

研究目的

- 1 聚乳酸·矽藻土·纖維素：探討材料吸附模擬油汙水的效果。
- 2 處理家庭廚房油汙水方案一：回收聚乳酸廢料烘焙多孔材料。
- 3 處理家庭廚房油汙水方案二：回收聚乳酸廢料熔噴纖維。
- 4 聚乳酸多孔材料·聚乳酸纖維·市售產品：探討三種產品過濾市售湯底的效果。

研究過程

1 材料先備階段

- 實驗 1-1
矽藻土·纖維素·聚乳酸
直接吸油測試
- 實驗 1-2
矽藻土·纖維素·聚乳酸
水中吸油測試

2 製成階段

- 實驗 2-1 ~ 2-5
第一代到第五代聚乳酸
多孔材料烘焙改良
- 實驗 3-1
製備三種小蘇打粉比例
聚乳酸纖維

3 檢驗階段

- 實驗 2-6
第五代多孔材料吸油測試
- 實驗 3-2 ~ 3-5
纖維吸油及重複使用測試
- 實驗 4
多孔材料·纖維·市售產品
麻辣湯油水分離測試

4 應用階段

- 實驗 3-6
自創聚乳酸纖維成型
工藝
- 實驗 3-7
聚乳酸纖維濾掛包

研究結果與討論

材料先備階段： 三種材料吸附模擬油汙水測試

滴油的瞬間聚乳酸往油的方向聚集，將油包覆成團最後下沉，證明聚乳酸相較於水具有親脂性。



處理油汙水方案一：回收聚乳酸廢料烘焙多孔材料

製成階段：熱壓鬆餅機製作多孔材料

10%小蘇打粉

聚:矽比例	10:0	10:1	15:1	20:1
200°C 5分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				

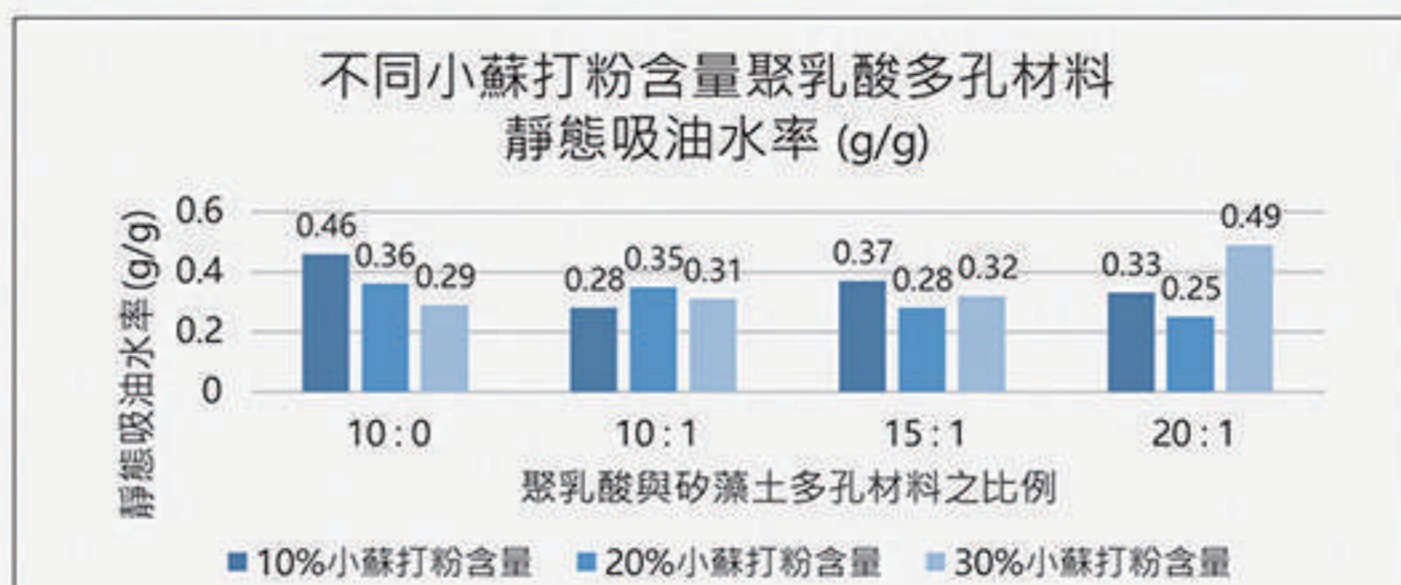
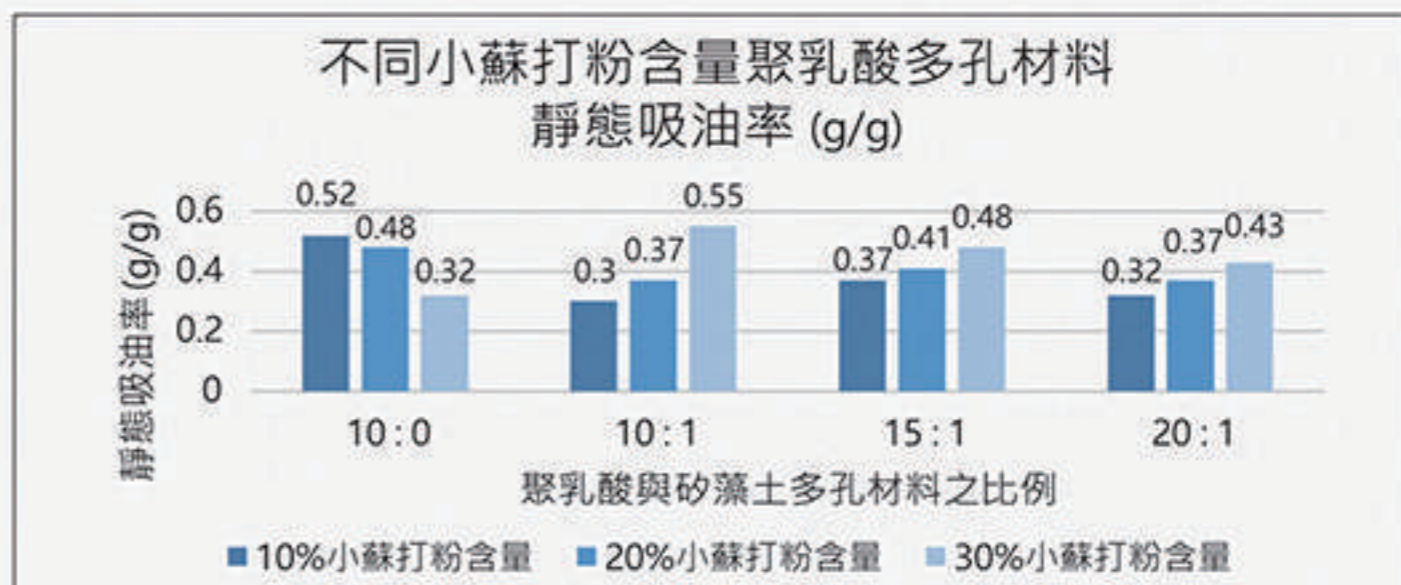
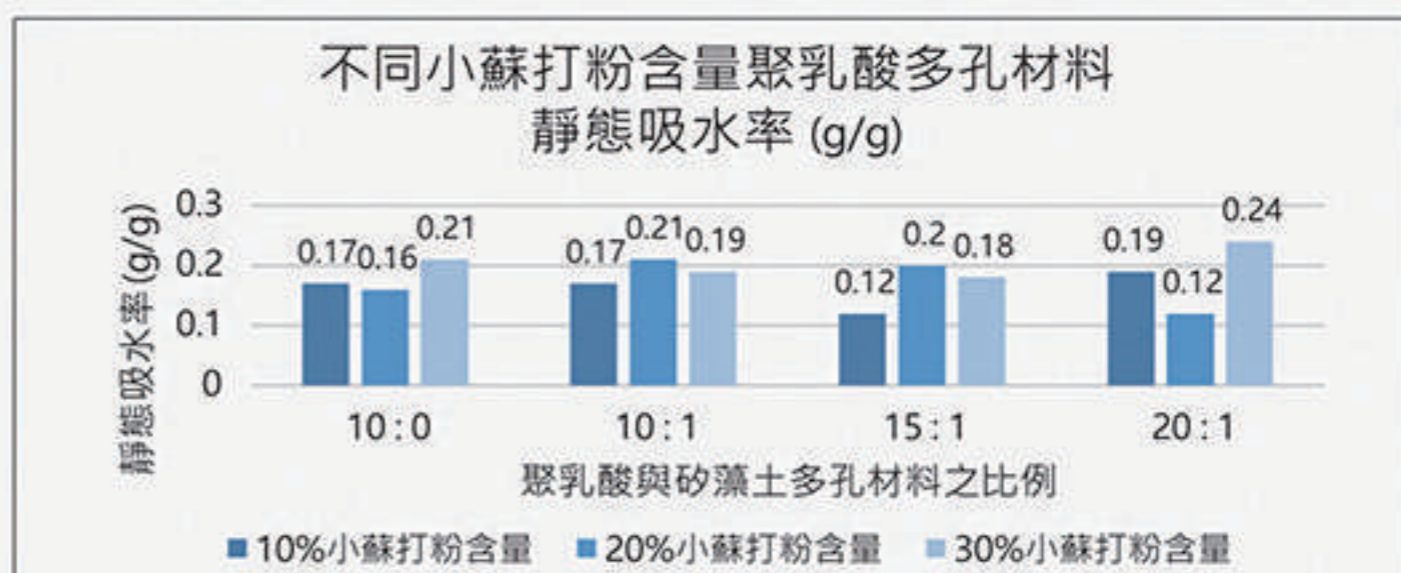
20%小蘇打粉

聚:矽比例	10:0	10:1	15:1	20:1
200°C 5分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	未完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				

30%小蘇打粉

聚:矽比例	10:0	10:1	15:1	20:1
200°C 5分鐘 烘焙成果				
外觀	完全發泡	完全發泡	未完全發泡	完全發泡
剖面泡孔照片				


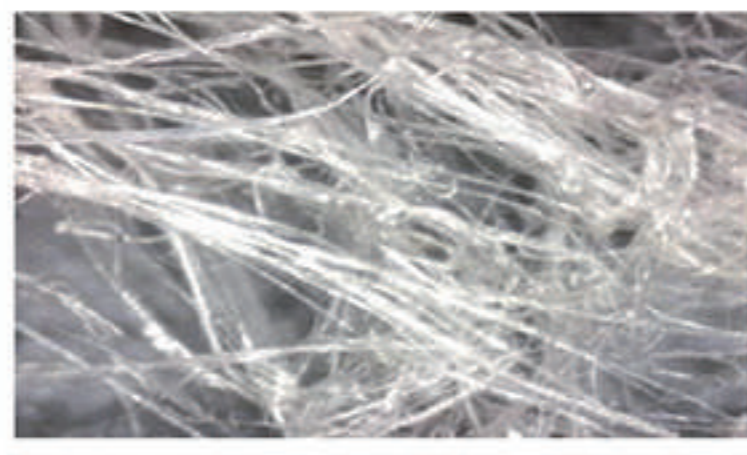

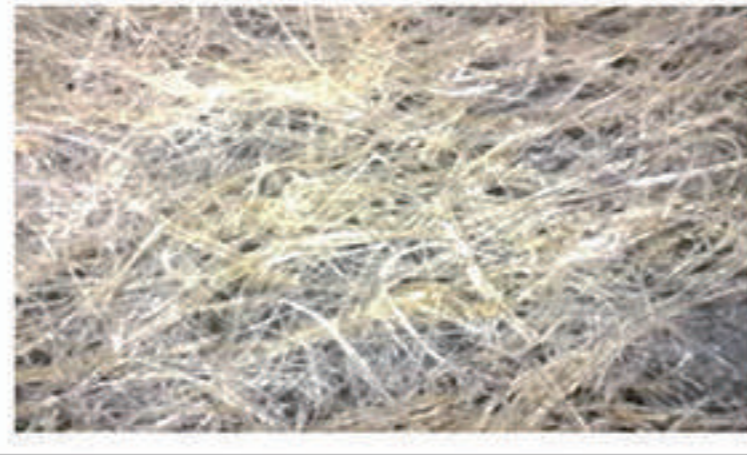

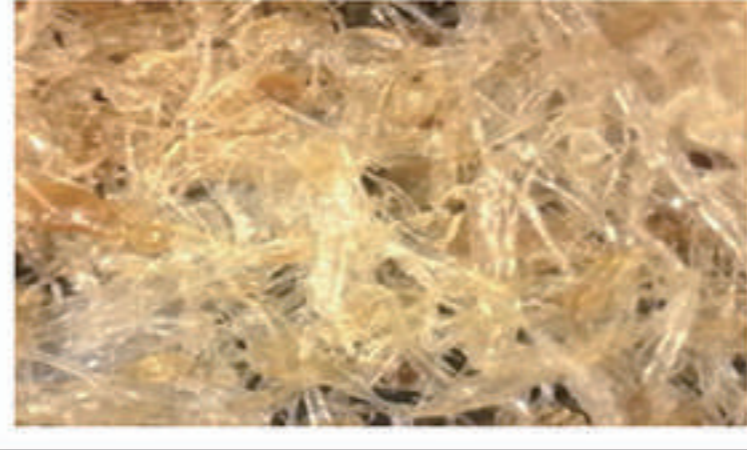
檢驗階段：多孔材料吸附油脂測試



純聚乳酸含10%小蘇打粉吸油率和吸油水率佳

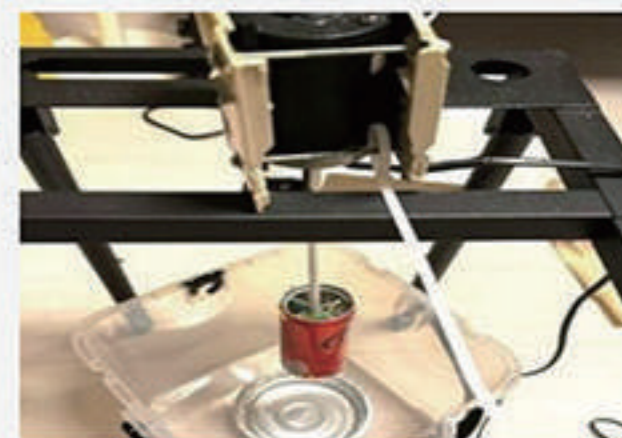
處理油汙水方案二：回收聚乳酸廢料熔噴纖維

製成階段：製備聚乳酸纖維

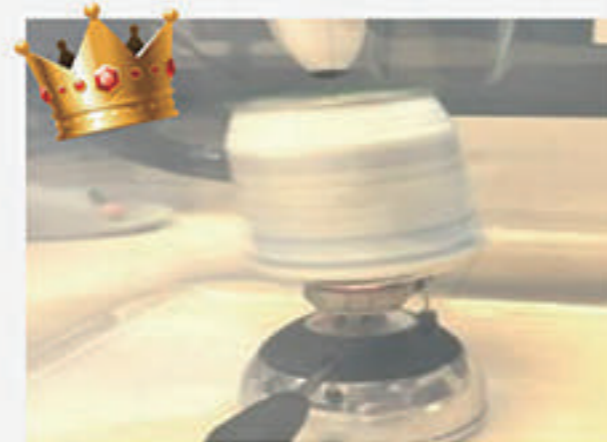
小蘇打粉比例	纖維顏色	纖維外觀	纖維照片	顯微鏡照片
0%	白色	纖維最粗、最長		
10%	淡褐色	纖維細		
20%	褐色	纖維最細、容易斷裂 開始出現膠結點		



市售棉花糖機熔噴纖維



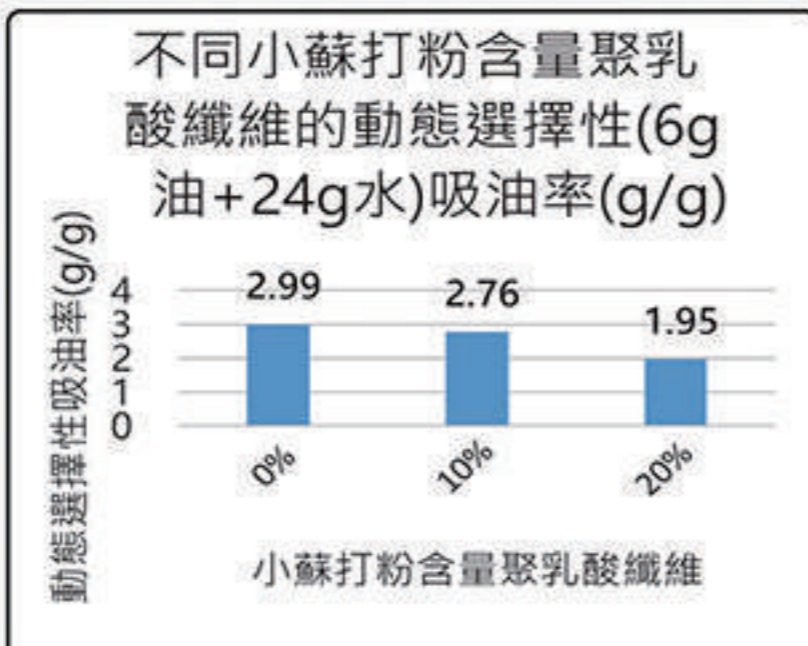
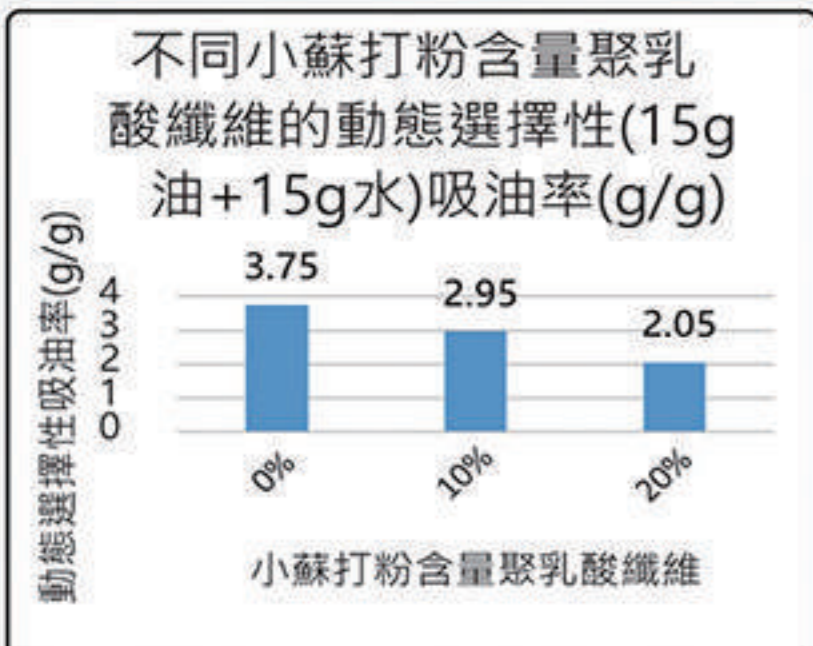
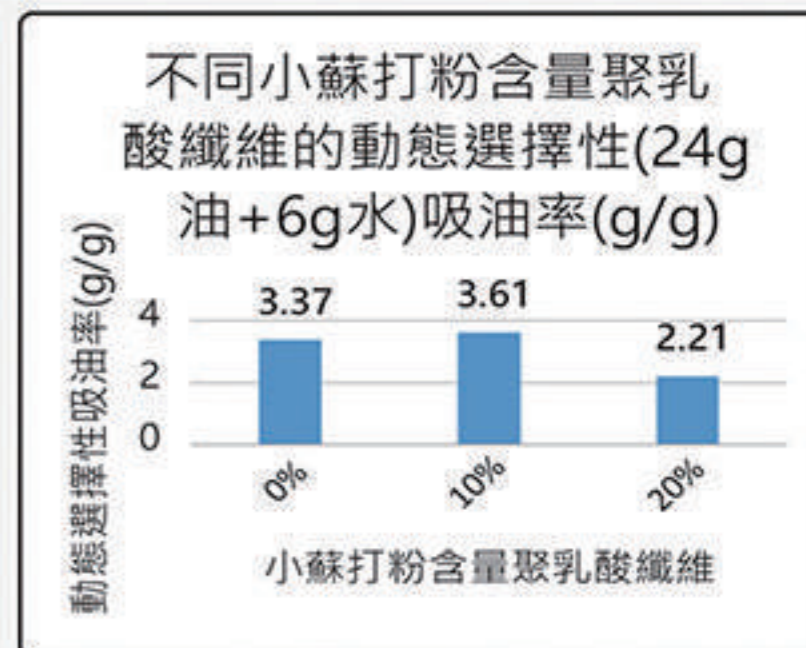
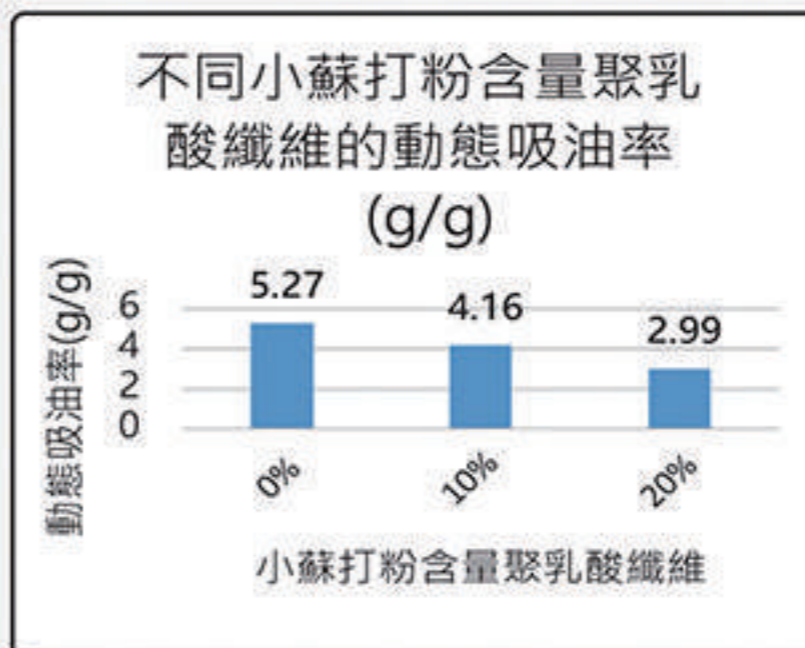
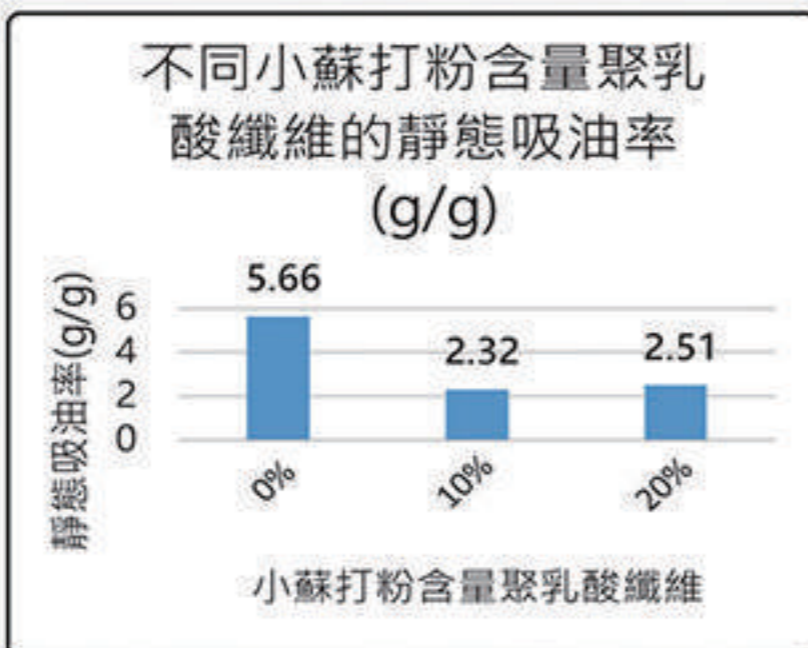
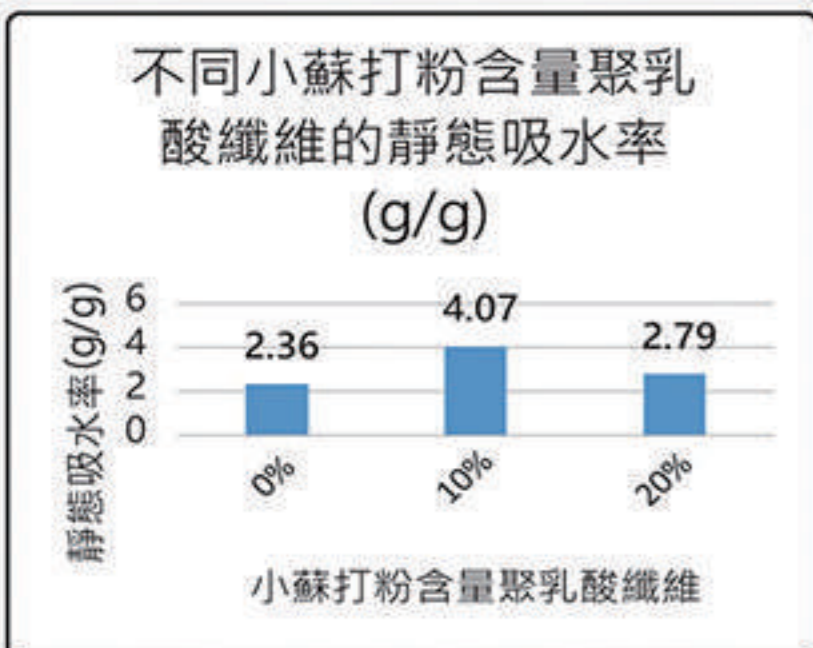
第一代自製棉花糖機測試



第二代自製棉花糖機熔噴

- 市售棉花糖機溫度太高，自製棉花糖機利用紅外線測溫儀控制溫度。
- 10%及20%小蘇打粉含量 PLA 纖維有黃化現象。

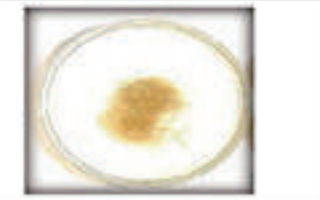
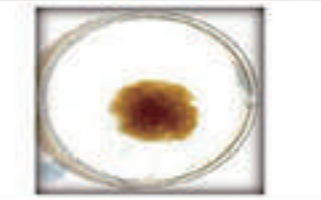
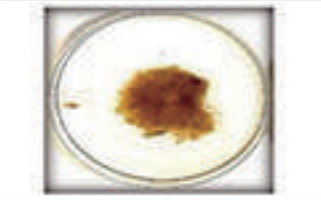



檢驗階段一：聚乳酸纖維吸附油脂測試



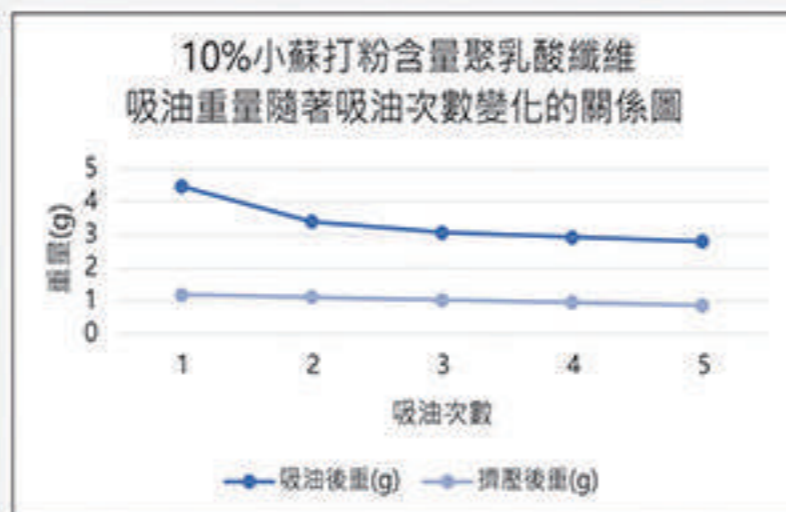
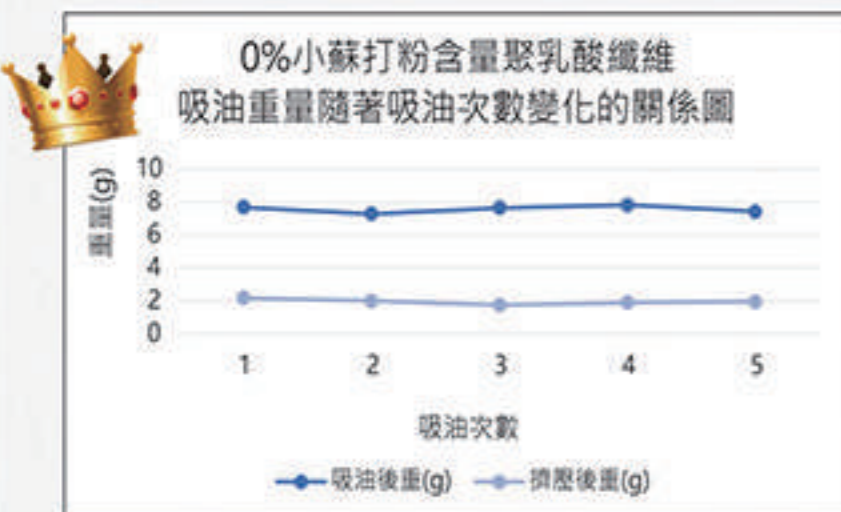
- 吸油率： $\frac{\text{吸油後的重量} - \text{吸油前的重量}}{\text{吸油前的重量}}$ (g/g)
每一公克聚乳酸纖維可吸附的油脂量。
- 0% 小蘇打粉聚乳酸纖維靜態吸油率表現最佳，是 10% 及 20% 纖維的 2 倍。

檢驗階段二：聚乳酸纖維重複吸油測試

(一) 觀察三種小蘇打粉比例的聚乳酸纖維浸泡油中的狀態

小蘇打粉比例	0%	10%	20%
聚乳酸纖維浸泡在沙拉油的情況			
聚乳酸纖維撈起後沙拉油的情況			

(二) 0%、10% 小蘇打粉聚乳酸纖維重複吸油測試

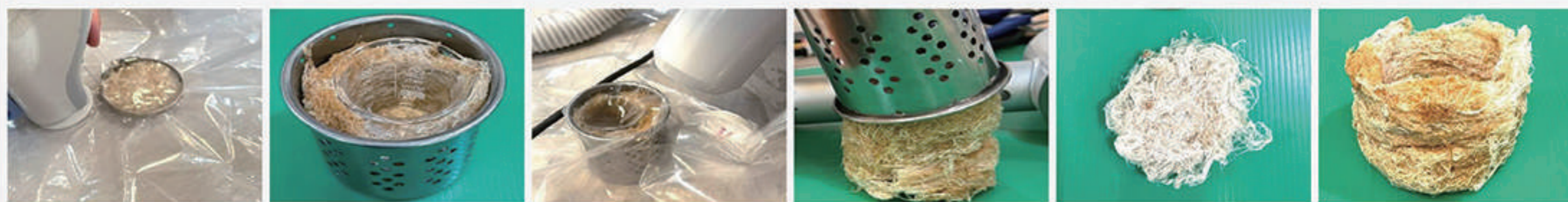


(三) 0% 小蘇打粉聚乳酸纖維脫油測試



- 0% 和 10% 小蘇打粉聚乳酸纖維不易掉碎屑。
- 20% 小蘇打粉含量聚乳酸纖維易碎，不適合重複吸油。
- 0% 小蘇打粉含量聚乳酸纖維可重複使用 5 次以上。
- 10% 小蘇打粉含量聚乳酸纖維使用極限是 3 次。
- 利用家裡的蔬菜瀝水器進行脫油。
- 脫油後可回復到接近纖維本體重量。

應用階段一：自創成型工藝及應用



💡 思考：如何做到跟工廠的熱壓成型機一樣加壓加熱來塑型？

💡 創新：把聚乳酸纖維放進行李真空壓縮袋裡，用吸塵器抽光空氣，再用吹風機熱風加熱，成功做出聚乳酸纖維過濾餅及瀝油杯！

應用階段二：聚乳酸纖維濾掛包應用



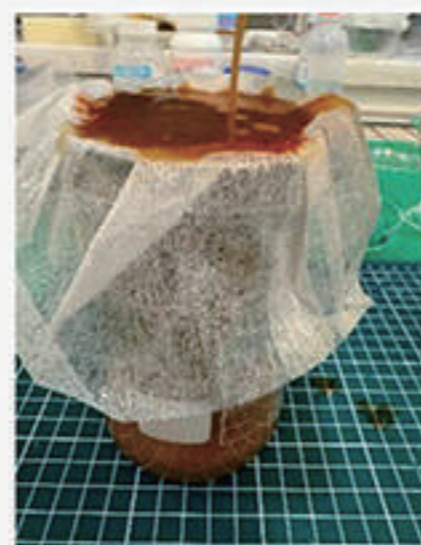
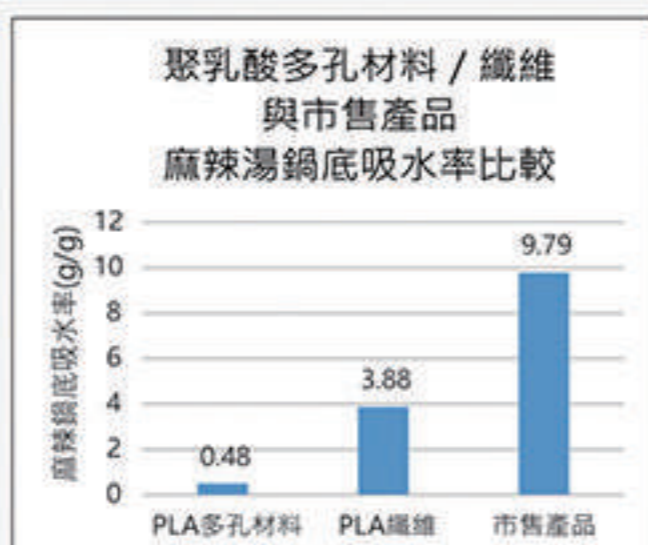
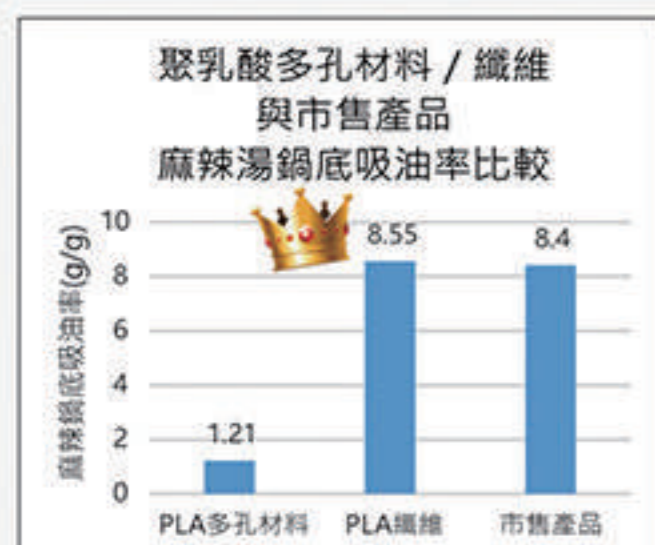
目的 / 防止塑膠微粒流入排水管造成海洋汙染

	聚乳酸重(g)	濾紙重(g)	聚乳酸吸油量(g)	濾紙吸油量(g)	總吸油量(g)
PLA 纖維濾掛包	10	1.14	15.96	1.54	17.5

- 1 聚乳酸纖維搭配咖啡濾紙有效避免纖維掉落到排水管。
- 2 兩者搭配成功承接本實驗測試 17.5g 所有的油量。

聚乳酸多孔材料、聚乳酸纖維與市售產品比較

最終檢驗階段：麻辣湯吸附測試



- 1 聚乳酸纖維吸油率第一名，快速達成油水分離的目標。
- 2 市售產品需花 2 個小時靜置才能過濾完，實際使用很不方便。

結論

- 1 聚乳酸在水中與油脂有很明顯的吸引效果，可知相較於水，聚乳酸具有部分親油性。
- 2 聚乳酸多孔材料：採用熱壓鬆餅機加熱，僅需5分鐘。未添加矽藻土、10%小蘇打粉的多孔材料，泡孔大，只要適量的小蘇打粉即可成功發泡，增加內部泡孔表面積。
- 3 聚乳酸纖維：自製棉花糖機熔噴白色聚乳酸纖維。0%小蘇打粉的聚乳酸纖維有極佳吸油率，是10%小蘇打粉聚乳酸多孔材料的10.89倍。可重複使用五次以上，搭配蔬菜瀝水器脫油恢復到將近纖維本體的重量。
- 4 與市售產品比較：

	聚乳酸多孔材料	聚乳酸纖維	市售產品
吸油率	1.21 g/g	👑 8.55 g/g	8.4 g/g
吸水率	👑 0.48 g/g	3.88 g/g	9.79 g/g
油水分離速度	慢	👑 最快	最慢 (兩小時)

未來應用

- 1 聚乳酸纖維：做成過濾餅、瀝油杯、纖維濾掛包處理廚房油汙水的問題，使用過的纖維能進行堆肥，瀝油杯也能種植植栽。
- 2 聚乳酸多孔材料：質地堅硬具有孔洞、吸水率低，適合放在花盆底部作為填充材，甚至作為 SRF 固態再生燃料的一部分。
- 3 回收廢油製成家事用肥皂。

建議未來探索不同孔徑和結構的材料，進一步提高油水分離效率。推廣環保材料在家庭中的應用，將有助於減少環境污染。