

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

佳作

032901

鹹「魚」翻身，「海」好沒「塑」~以廢棄魚骨與
海藻酸鈉製成生物塑膠之探討

學校名稱：連江縣立中正國民中學

作者： 國二 曹家菱 國二 陳彥文	指導老師： 曹淑琳 陳少宇
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：魚骨粉、氫氧基磷灰石、海藻酸鈉

摘要

全球每年生產塑膠製品約 1.4 億公噸，而塑膠製品需要大約四百年的時間才能被自然分解，在海洋形成塑膠濃湯的情形，近年來環保意識抬頭，我們關心這個議題，因此本研究想了解如何利用生活中唾手可得的素材製造環保塑膠，從廢物中尋找可行的機會，從打魚丸刮除魚肉後所剩下的魚骨為材料，探討何種魚骨較適合製作生物塑膠，並探討加入魚骨後製成的生物塑膠的抗菌性為何；以何種材料作為魚骨黏合劑有較強硬度，如何增加魚骨塑膠耐重性，製成的魚骨塑膠耐熱性、耐酸性範圍以及魚骨塑膠的防刮性為何，進而瞭解魚骨是否有再利用價值，形成具有良好物性及化性的生物塑膠。

壹、研究動機

臺灣是一個海島型的國家，海洋是臺灣的一項重要資產，身處在外島的馬祖近年來以觀光作為經濟來源的主要項目，如：「藍眼淚」即是一海洋奇觀，許多遊客為此到馬祖朝聖，但是當遊客到馬祖欣賞海洋生態時，卻看到海灘上有許多的海漂垃圾，這些海漂垃圾皆是由中國大陸沿岸漂流過來，其中不乏塑膠製品，吸管、寶特瓶、塑膠袋，這些日常生活中的一次性塑膠品，隨手一丟便成為地球上最難搞的常居客，堆積在世界的各個角落，造成重大的生態浩劫。我們希望能夠利用隨手可得且可被生物分解的材料製作出生物塑膠，以減少生態破壞。

即將進入 108 課綱，我們上生活科技課時，老師希望我們有自造創客的精神，能從動腦思考、規劃設計、到動手實作、最後能完成成品，培養解決問題的能力。我們觀察到生活中的塑膠問題，開始查詢相關資料，我們了解到現在在市面上有利用玉米澱粉或植物纖維所製成的環保餐具，我們想了解是否可以在生物塑膠中加入其他成分以提高其可利用性。由於馬祖在冬天時會有較多的魚獲量，家家戶戶會將魚肉刨除製作成魚丸，剩下來的魚骨則是棄之不用，直接倒入海中回歸自然，我們靈機一動，想看看魚骨是否也能從廢物變黃金，加入生物塑膠中以提升其可用性。

貳、研究目的

要了解如何增加生物塑膠的可用性，必須測試何種魚種較適合作為添加的元素；由於生物塑膠是以澱粉或纖維等有機成分所製成的，極有可能變質或發霉，因此我們探討魚骨粉是否有抗菌性；塑膠製品有一定的韌性，才可製造出日常生活的用品，因此我們探討加入魚骨粉後的生物塑膠耐重性如何；我們也想明白加入魚骨粉的生物塑膠對於酸的耐受性為何，用以檢測盛裝溶液適宜的酸鹼範圍；我們也確認添加魚骨粉的生物塑膠耐熱程度為何，可作為將來環保餐具的耐熱參考；若是將生物塑膠製成可重複使用器皿，必須清洗做再次利用，因此需能防刮耐用，我們也想知曉加入魚骨粉的生物塑膠是否具有防刮性。

綜合以上，我們的實驗目的為下列幾點：

- 一、了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。
- 二、了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。
- 三、了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何增強生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。
- 四、了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。
- 五、了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。
- 六、了解加入魚骨粉的生物塑膠的防刮性。

參、研究設備及器材

- | | | |
|-----------|------------|---------|
| 一、電磁加熱攪拌器 | 二、燒杯 | 三、烏魚骨 |
| 四、鮪魚骨 | 五、磨豆機 | 六、檸檬皮 |
| 七、鹽巴 | 八、洋菜粉 | 九、黴菌 |
| 十、6公升礦水瓶 | 十一、玉米粉 | 十二、馬鈴薯粉 |
| 十三、海藻酸鈉 | 十四、醋 | 十五、甘油 |
| 十六、檸檬汁 | 十七、咖啡 | 十八、無糖綠茶 |
| 十九、牛奶 | 二十、寶特瓶 | 二十一、熱熔槍 |
| 二十二、矽利康 | 二十三、壓克力板 | 二十四、橡皮擦 |
| 二十五、鐵架 | 二十六、迷你電動風扇 | 二十七、菜瓜布 |
| 二十八、烤箱 | 二十九、除濕機 | 三十、吹風機 |

肆、研究過程或方法

一、實驗一：了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。

(一) 收集剷除烏魚肉的魚骨，將其煮熟後，取下附著於魚骨上的剩餘魚肉，再將乾淨魚骨以電風扇吹乾。



圖 1: 乾燥魚骨

(二) 去腥及消毒：取 1000 毫升燒杯，加入 1000 毫升熱水，將魚骨放入，依序加入檸檬皮、鹽巴，加熱到完全去除腥味。



圖 2: 去腥與消毒

(三) 酥化：取出去除腥味的魚骨，晾乾後放入烤箱中，設定溫度為 130 度 C，烤的時間為 30 分鐘。

(四) 將魚骨剪成小段後用磨豆機磨成粉末狀，放置在乾燥箱中。



圖 3:磨碎魚骨



圖 4:磨碎後的魚骨粉

(五) 取 200 公克水加熱，加入 5 公克洋菜粉，邊加入邊攪拌，再加入 15 公克魚骨粉，直到均勻。



圖 5:魚骨粉與洋菜溶液
加熱攪拌

(六) 倒入培養皿中定形，形成直徑 7 公分、厚度 0.5 公分的生物塑膠，以電風扇與吹風機將水分吹乾(A1)。



圖 6:吹乾魚骨塑膠

(七) 鮠魚魚骨粉製作流程同步驟(一)~(六)(A2)。

(八) 取一口徑和魚骨塑膠一樣大的玻璃圓筒，鋪上魚骨塑膠，其上放口徑稍小的塑膠圓筒，加入水，觀察魚骨生物塑膠是否發生形變。

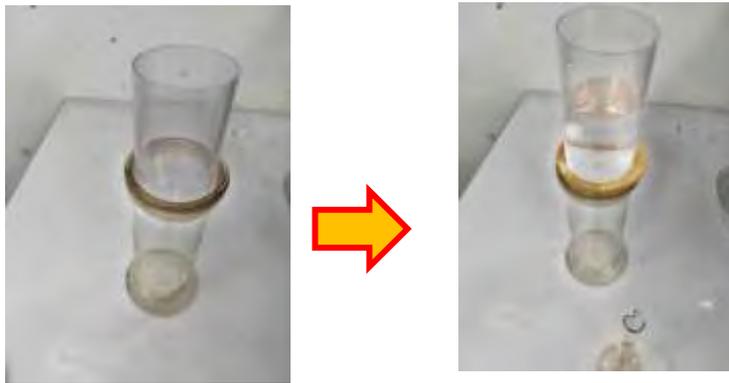


圖 7:魚骨塑膠硬度測試裝置

(九) 紀錄烏魚生物塑膠和鮠魚生物塑膠可承受多少下壓重量，重複三次求平均值。

二、實驗二：了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。

(一)利用香蕉、葡萄糖為營養物質，加入洋菜粉製作培養基，在製作好的培養基上以筷子戳出四個小洞，在小洞中放入黴菌。作為抗菌實驗的對照組(B1)。

(二)取 200 公克水加熱，加入 5 公克洋菜粉，邊加入邊攪拌，再加入 15 公克烏魚骨粉，直到均勻。

(三)倒入培養皿中定形，形成直徑 7 公分、厚度 0.5 公分的生物塑膠，以吹風機將水分吹乾。

(四)在製作好的烏魚骨塑膠上以筷子戳出四個小洞，在小洞中放入黴菌(B2)。

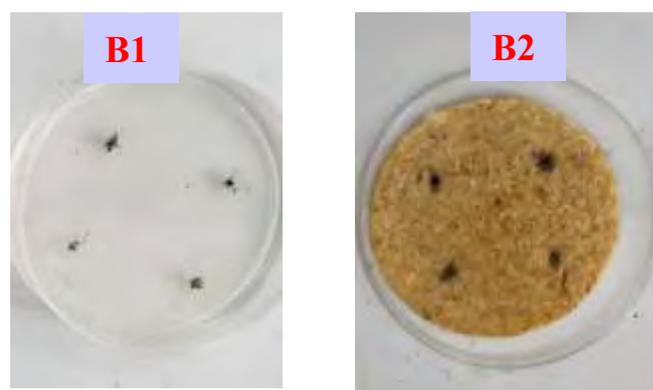


圖 8:抗菌性測試

(五)觀察兩培養基的發霉狀況並作紀錄。

三、實驗三：了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何增強生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。

(一)玉米澱粉 60 公克、醋 30 公克、甘油 15 公克及水 100 公克加入鍋中攪拌均勻，置於火源上加熱，期間仍不斷攪拌，直到黏稠狀。

(二)放於桌上定形，製成長 10 公分、寬 1.5 公分、高 1 公分的長條狀，以除濕機吹乾，即玉米澱粉生物塑膠(C1)。



圖 9:玉米澱粉製成的生物塑膠

(三)用馬鈴薯粉製作生物塑膠，其做法同步驟(一)~(二)(D1)。

(四)在中間有直徑 5 公分圓孔的塑膠椅上，放上已吹乾的生物塑膠，其掛上一條細線，細線下懸掛一個 6000 毫升礦泉水瓶，在塑膠瓶中加入水，觀察並紀錄生物塑膠可承受多少的重量。

(五)在步驟(一)~步驟(四)選擇承重力較佳的生物塑膠材料。

(六)馬鈴薯粉 60 公克、醋 30 公克、甘油 15 公克、海藻酸鈉 2 公克及水 100 公克加入鍋中攪拌均勻，置於火源上加熱，期間仍不斷攪拌，直到黏稠狀。

(七)放於桌上定形，製成長 10 公分、寬 1.5 公分、高 1 公分的長條狀，以除濕機吹乾，即加海藻酸鈉生物塑膠(D2)。

(八)馬鈴薯粉 60 公克、醋 30 公克、甘油 15 公克、海藻酸鈉 2 公克、烏魚骨粉 15 公克及水 100 公克加入鍋中攪拌均勻，置於火源上加熱，期間仍不斷攪拌，直到黏稠狀。

(九)放於桌上定形，製成長 10 公分、寬 1.5 公分、高 1 公分的長條狀，以除濕機吹乾，即加海藻酸鈉和魚骨粉生物塑膠(D3)。



圖 10:馬鈴薯澱粉製成的生物塑膠

(十)在中間有直徑 5 公分圓孔的塑膠椅上，放上已吹乾的生物塑膠(D1、D2、D3)，其掛上一條細線，細線下懸掛一個 6000 毫升礦泉水瓶，在塑膠瓶中分次加入水，觀察並紀錄生物塑膠可承受多少的重量。



圖 11:耐重性測試裝置

四、實驗四：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。

(一)在四個燒杯中分別加入檸檬汁、咖啡、綠茶及牛奶，測量 pH 值。

(二)將加海藻酸鈉和魚骨粉的生物塑膠(E1、E2、E3、E4)放入以上四種溶液中，靜置 6 小時。



圖 12:耐酸性測試

(三)取出烏魚骨塑膠，放在除濕機上吹乾。

(四)在中間有直徑 5 公分圓孔的塑膠椅上，放上已吹乾的生物塑膠(E1、E2、E3、E4)，掛上一條細線，細線下懸掛一個 6000 毫升礦泉水瓶，在塑膠瓶中分次加入水，觀察並紀錄生物塑膠可承受多少的重量。

五、實驗五：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。

(一)用鑽孔機在寶特瓶蓋鑽洞，插入一枝鉛筆，筆尖朝外，以熱熔膠黏好後再打矽利康防止水從內部滲出。

(二)取寶特瓶切掉瓶底，其上再連接兩個保特瓶瓶身，在接縫處打矽利康，避免水從隙縫流出。

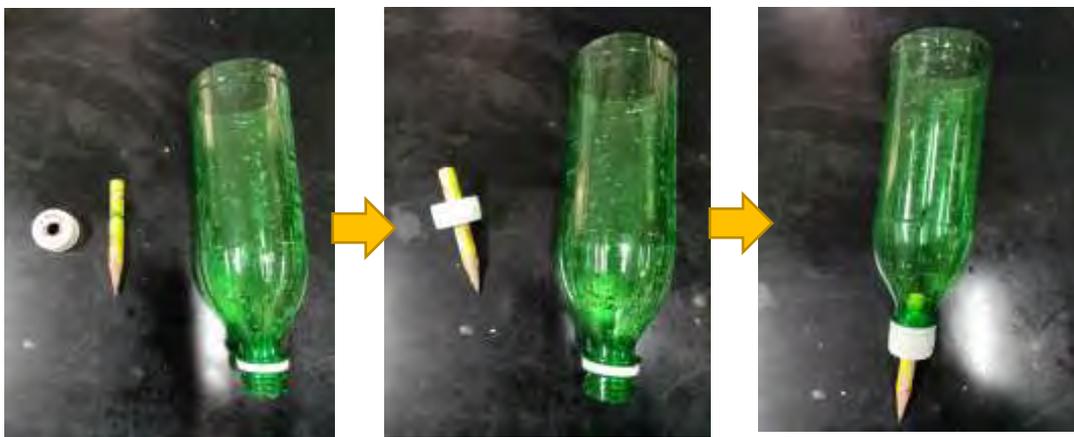


圖 13:耐熱性測壓器

(三)製作添加海藻酸鈉和烏魚骨粉生物塑膠(F2)(長 5 公分、寬 4 公分、高 0.5 公分)放入烤箱中，溫度設定分別為 60 度 C、80 度 C、100 度 C、120 度 C、140 度 C、160 度 C，加熱 10 分鐘。

(四)將加熱 10 分鐘的添加海藻酸鈉和魚骨粉之生物塑膠，放在鐵架下方。

(五)把裝置好的寶特瓶蓋上裝了鉛筆的瓶蓋，鉛筆端朝下，輕觸添加海藻酸鈉和烏魚骨粉生物塑膠，於寶特瓶中逐一加入水，觀察並記錄生物塑膠下凹時所承受的水重。

(六)以只加馬鈴薯粉和海藻酸鈉製成的生物塑膠作為對照組(F1)，重複步驟(三)~步驟(五)。



圖 14:耐熱性測壓裝置

六、實驗六：了解烏魚骨塑膠的防刮性。

(一)取迷你形風扇，將扇葉取下，露出突出的馬達端。

(二)剪下一塊菜瓜布(長 3 公分，寬 2.5 公分)，用熱熔膠黏在橡皮擦上，橡皮擦的另一面戳一個小洞，剪下 0.5 公分塑膠滴管，用熱熔膠黏於橡皮擦小洞。

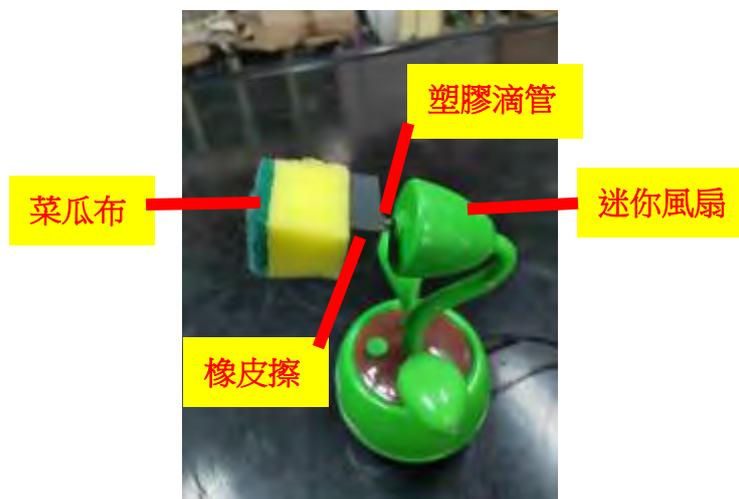


圖 15:測刮器

(三)將塑膠滴管的另一端以熱熔膠黏在迷你電風扇的突出端，製成測刮器。

(四)將添加海藻酸鈉和魚骨粉之生物塑膠以長尾夾夾在壓克力板作好的測刮器置於生物塑膠前方，打開測刮器開關 3 分鐘，觀察是否會刮出魚骨粉並將其秤重。

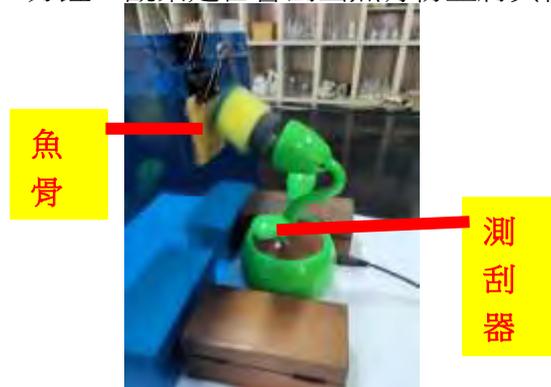


圖 16:測刮性裝置

伍、研究結果

一、實驗一：了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。

(一) 我們測量烏魚骨粉和鮭魚骨粉的生物塑膠的承重力，做出以下下結果:

	烏魚骨粉生物塑膠	鮭魚骨粉生物塑膠
第一次	1080g	350g
第二次	1080g	400g
第三次	1080g	380g
平均	1080g	376.7g

表 1:烏魚骨塑膠和鮭魚骨塑膠承重比較

(二) 由於塑膠圓筒無法再進行更高的堆疊，我們僅能做到 1080g。



圖 17:烏魚骨塑膠和鮭魚骨塑膠承重比較

(三) 由實驗數據可知烏魚骨粉塑膠的承重力較佳。

二、實驗二：了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。

第 0 天		第 2 天	
B1:對照組	B2:實驗組	B1:對照組	B2:實驗組
			
植入黴菌	植入黴菌	植入點出現白色	未變化
第 4 天		第 6 天	
B1:對照組	B2:實驗組	B1:對照組	B2:實驗組
			
1 個區塊有黴菌	未變化	3 個區塊有黴菌	未變化

第 8 天		第 10 天	
B1:對照組	B2:實驗組	B1:對照組	B2:實驗組
			
4 個區塊有黴菌	未變化	4 區塊黴菌擴增	未變化
第 12 天		第 14 天	
B1:對照組	B2:實驗組	B1:對照組	B2:實驗組
			
4 區塊黴菌增厚	3 個植入點有白色棉絮狀	4 區塊黴菌變厚變綠色、黃色	3 個植入點有白色棉絮狀,未擴散

表 2:烏魚骨塑膠抗菌性

我們觀察實驗組和對照組 2 周內的變化，發現添加了魚骨粉的實驗組，幾乎沒有發霉；而對照組的培養皿從第二天開始就逐步長出黴菌，愈來愈多，從側邊往中心蔓延，最後整塊培養皿都形成厚達將近 1 公分的黴菌。由對照組可知，添加魚骨粉的生物塑膠具有抗菌性，完全不會發霉，適合作為環保餐具的原料。

三、實驗三：了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何增強生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。

組別		C1	D1	D2	D3
材料		玉米澱粉	馬鈴薯粉	馬鈴薯粉、 海藻酸鈉	馬鈴薯粉、 海藻酸鈉、 魚骨粉
耐重性	第一次	1100	4700	6000	6000
	第二次	1200	5000	6000	6000
	第三次	1100	4800	6000	6000
	平均	1133	4833	6000	6000

表 3:烏魚骨塑膠耐重性



圖 18:烏魚骨塑膠耐重性



圖 19:烏魚骨塑膠耐重性

四、實驗四：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。

組別	E1	E2	E3	E4
浸泡溶液	檸檬汁	咖啡	綠茶	牛奶
pH 值	1.8	4.4	5.1	6.0
耐重性	4300	6000	6000	6000
改變狀況	下降	沒變	沒變	沒變
顏色變化	變白	變黑	沒變	沒變
照片				

表 4:烏魚骨塑膠耐酸性

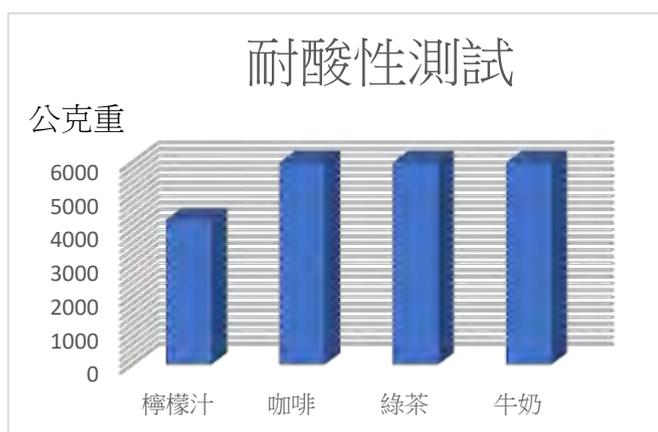


圖 20:耐酸性測試:浸泡不同 pH 值溶液後耐重性是否改變

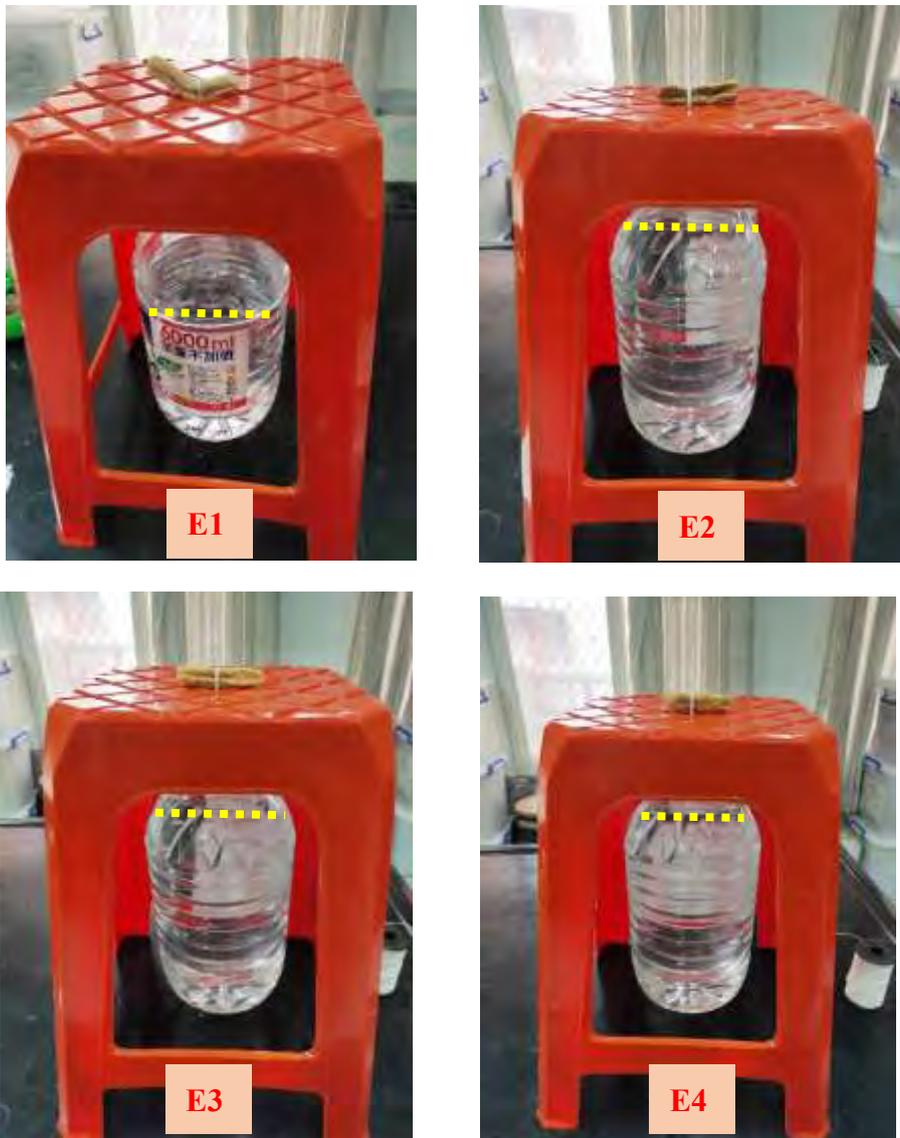


圖 21:烏魚骨塑膠耐酸性:浸泡不同 pH 值溶液後耐重性是否改變

由實驗結果可知，添加海藻酸鈉和烏魚骨粉的生物塑膠在弱酸性時可維持穩定的性質，其耐重耐壓性未變，還是維持在 6000 公克重;但是若放入強酸中則會發生變質，因此不適合盛裝太酸的溶液。

五、實驗五：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。

	F1:馬鈴薯塑膠		F2:烏魚骨塑膠	
60~100 度 C	承重 1400g	未下凹	承重 1400g	未下凹
				
120 度 C	承重 1400g	些微下凹	承重 1400g	未下凹
				
140 度 C	承重 1200g	下凹	承重 1400g	未下凹
				
160 度 C	承重 1200g	下凹	承重 1400g	些微下凹
				

表 5:烏魚骨塑膠耐熱性

六、實驗六：了解加入魚骨粉的生物塑膠的防刮性。

在添加烏魚魚骨粉的塑膠上磨轉 3 分鐘，發現防刮性的效果佳，幾乎不會有有魚骨粉被刮下來，因此秤重後重量都沒有變化。可知烏魚魚骨粉被緊密地黏著於生物塑膠中，不會有脫落的問題。

實驗前	實驗後
12.00g	11.98g

表 6:烏魚骨塑膠防刮性

陸、討論

一、實驗一：了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。

- (一) 我們在實驗一的流程中，把魚骨進行酥化，經研究發現魚骨以 121°C 加熱 30 分鐘後，硬度可下降 78.49%，透過這樣的方式再進行研磨的工作，實驗的效率會提高。
- (二) 實驗結果發現，烏魚骨粉所做出來的生物塑膠在洋菜粉的黏著之下，可以承受 1080 公克的重量，而鮪魚骨粉所做出來的生物塑膠只能承受 376.7 公克的重量，可以知道烏魚骨粉所做出來的生物塑膠硬度比較大。
- (三) 在用磨豆機打骨粉的時候也察覺到烏魚骨比較硬，要花比較多的時間打，鮪魚骨很容易就打好了，我們討論後認為，可能是烏魚骨較為新鮮，未進冰箱冷凍，骨頭質地有維持住，而鮪魚骨因為是從東引寄船來，被冰箱冷凍過，所以魚骨質地可能有所影響。
- (四) 由於學校的砝碼都很小，我們就使用疊上塑膠圓筒裝水的方式來測量硬度，但是這種方法的缺點是要不斷疊高塑膠圓筒，若是沒有擺好就會全部倒下來，水噴濺滿地，而且不能承受太重的重量，實驗受到限制，所以我們思考必須換個方式來測量。
- (五) 由於做出來的結果是烏魚骨效果比較好，所以我們決定後續的實驗都以烏魚骨為材料。

二、實驗二：了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。

- (一) 我們用烏魚骨粉加入洋菜粉溶液中製作魚骨塑膠，再用吹風機吹乾，再在其上以筷子戳四個凹洞(未戳破)，放進黴菌，想觀察魚骨塑膠的黴菌生長是否會有擴散的現象，戳四個洞是把培養皿分成四個區塊，作為後續黴菌生長量化的依據。
- (二) 我們也做了一個對照組，做同樣的處理，戳四個凹洞放入同樣的黴菌，實驗組與對照組都放在實驗室中，每兩天觀察一次。
- (三) 我們發現對照組從第二天開始，四個植入黴菌的地方皆有些微的白色棉絮狀，第四天觀察時其中一個區塊產生白色點狀黴菌，第六天觀察時又有另兩個區塊形成白色棉絮狀，第八天則四個區塊的培養皿都布滿白色黴菌，第 10~14 天黴菌層增厚，且出現綠色和黃色黴菌。
- (四) 加入烏魚骨粉的培養基，在第 2~10 天都完全沒有發霉現象，到第 12 天時有 3 個植入黴菌的點產生些微白色棉絮狀，到第 14 天時再行觀察，白色棉絮狀皆未有明顯擴散。
- (五) 從實驗的結果我們可知，加入魚骨粉的培養皿具有抗菌性，可以防止黴菌擴張，我們查詢了魚骨的相關成分，魚骨中具有氫氧基磷灰石(HAP)，是脊椎動物骨骼和牙齒的主要

無機組成成分，已有研究證明含有 HAP 材料的牙膏能減少患者口腔的牙菌斑，且羥基磷灰石製品，具有良好的抗菌功能，對多種常見菌種（如酵母菌、大腸桿菌和金黃色葡萄球菌等）具有高效的抗菌作用，是一種安全性高，不易揮發，不易分解，對人體無害且能長效抗菌、防霉的功能性新材料。因此我們認為氫氧基磷灰石也是魚骨粉能避免黴菌擴散的原因。

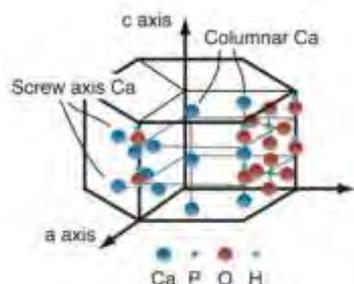


圖 22:氫氧基磷灰石分子結構圖

三、實驗三：了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何增強生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。

(一)由於在做實驗一時，我們發現用洋菜粉作為黏合魚骨粉的黏著劑，所做出來的魚骨塑膠，質地不是很堅硬，所以我們決定換材料製作生物塑膠，於是我們開始查詢資料，發現可用玉米粉或馬鈴薯粉製作，我們決定先測量看看這兩種材料做出的硬度哪種比較好。

(二)馬鈴薯澱粉成為我們的生物塑膠的支柱，它是組成糖鏈分子，加入了水後，這澱粉水把所有原料混合在一起，以助於卸下所有原料長長的澱粉鏈，然後製成我們的生物塑膠。醋有助於把澱粉鏈打破得更小，讓它們在做生物塑膠時更易被掌控。甘油能幫助澱粉鏈互相滑動，這可以使做起塑料材質來，更靈活柔韌，我們需要一邊加熱一邊不停攪拌溶液，當溶液開始變稠，升高溫度，會看見溶液顏色比之前暗很多，而且變得很濃稠，不易移動，把混合物冷卻數分鐘以便處理。

(三)在實驗一中測量耐重性的方法較不理想，所以我們改成把生物塑膠做成長條狀，放在有圓孔的塑膠以上，掛上一條細線，細線下方懸吊可盛裝 6000 毫升礦泉水瓶，觀察生物塑膠可以承受多少水重。

(四)我們發現用玉米粉做出的生物塑膠耐重力為 1200 公克重，馬鈴薯澱粉則可承受 3000 公克重以上，所以我們就用馬鈴薯澱粉作為生物塑膠的材料。

(五)我們考量到若是生物塑膠作為環保容器，須有緻密性，避免盛裝液體時漏出，所以我們想到加入海藻酸鈉，看看是否能增加耐重性，因此我們分成三種生物塑膠：(B1)馬鈴薯

粉(B2)馬鈴薯粉和海藻酸鈉(B3)馬鈴薯粉、海藻酸鈉和烏魚骨粉。

(六)我們發現只加馬鈴薯粉的生物塑膠可承受 4900 公克的重量，加了海藻酸鈉的生物塑膠都能承受 6000 公克的重量。可見海藻酸鈉可增加生物塑膠的耐重性。

(七)我們查詢海藻酸鈉相關資料，了解到海藻酸鈉是由兩種醣醛酸單醣組合而成，分子結構上擁有許多羧基(COO^-)，當海藻酸鈉溶液遇到鈣離子(Ca^{2+})時，鈣離子會取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子(Na^+)，再結合另一醣醛酸分子上的羧基，形成離子架橋，使得海藻酸鈉分子間的聯結性更強，形成一個蛋盒的網狀組織結構，使分子結構更加穩定，而馬鈴薯和魚骨都含有豐富的鈣質，能和海藻酸鈉鍵結，故能增加生物塑膠的緻密性。

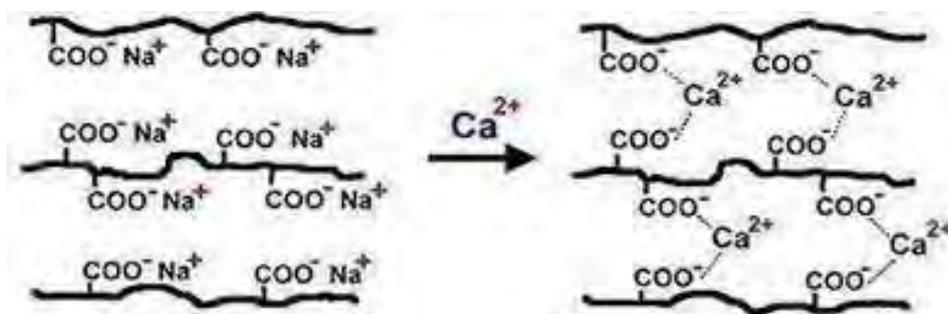


圖 23:海藻酸鈉與鈣離子鍵結

四、實驗四：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。

(一)我們取四種日常生活常用的飲料，測量酸鹼值，將魚骨塑膠浸泡其中 6 小時，模擬用烏魚骨塑膠製成環保容器時盛裝溶液的酸鹼範圍，我們發現放在 pH 值為 1.8 的檸檬汁中，烏魚骨塑膠的耐重性下降到 4300 公克，質地變較軟，而放在 pH 值 4.4 的咖啡、pH 值 5.1 的綠茶及 pH 值 6.0 的牛奶中，烏魚骨塑膠的耐重性還是維持在 6000 公克，可知烏魚骨塑膠可盛裝弱酸性溶液，強酸性溶液較不適合。

(二)我們查詢資料發現氫氧基磷灰石在正常溫度範圍，pH 值大於 4.2 以上可以穩定的存在，pH 值小於 4.2 時，會轉變成磷酸鈣化合物與四鈣磷酸鹽，氫氧基磷灰石只溶解於酸性環境，因此若是以魚骨粉製作環保器皿，盛裝溶液的酸鹼度必須大於 4.2。

五、實驗五：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。

(一)我們在寶特瓶蓋上加一支鉛筆，寶特瓶中逐次加水，看看魚骨粉塑膠在多少的壓力下會被戳破，若是加熱後魚骨塑膠變質，質地會變的比較軟，所能夠承受的壓力就會比較小，就容易被鉛筆刺穿，因此可透過這種方式了解在不同溫度下烏魚骨塑膠的耐熱性為何。

(二)我們發現烏魚骨塑膠耐熱性較高，溫度到 160 度 C 時仍能承受 1400 公克的重量而些微下凹，只加馬鈴薯粉和海藻酸鈉的對照組溫度在 120 度 C 時就出現些微下凹，甚至 160 度 C 時只能承受 1200 公克重量就出現嚴重下凹情形，可見加入魚骨粉可使生物塑膠提高耐熱度。

(三)在加熱過程中，對照組在 120 度 C 顏色就呈現微黃色，140 度 C 時顏色再稍微加深，160 度 C 時形成焦黃色；實驗組的魚骨塑膠在 120 度 C 時溫度略微變深，隨溫度升高，顏色的深度就更加深。在高溫時(120 度 C 以上)，用手摸起來是魚骨塑膠比較硬，對照組塑膠摸起來較軟。

(四)由實驗結果可知，加入烏魚骨粉可以增加塑膠的耐熱性，此與魚骨中含有氫氧基磷灰石有關，氫氧基磷灰石的熔點是 1670 度 C，且一般製備氫氧基磷灰石都以高溫燒結而成，因此我們推測加入愈多魚骨可使生物塑膠增強耐熱性。

六、實驗六：了解加入魚骨粉的生物塑膠的防刮性。

(一)我們考量到魚骨粉可能會讓魚骨塑膠的表層有嚴重的顆粒感，若製作成環保器皿時清洗很可能會被刮除下來，破壞耐用性，因此我們想要測試看看魚骨塑膠是否有防刮性。

(二)使用迷你電扇馬達作為動力，裝上菜瓜布模擬清洗時的情況，摩擦 3 分鐘檢視魚骨粉是否掉落，發現魚骨粉幾乎都不會掉落下來，防刮性佳，因此我們認為這樣在往後的實用性很高。

柒、結論

一、用烏魚骨製作的生物塑膠有較大的硬度。

二、用洋菜做魚骨粉的黏合劑，雖然可以黏合，但是黏合後的硬度有點軟，若是做成環保器皿也容易變形，因此不適合用洋菜粉黏合。

三、烏魚骨中的氫氧基磷灰石具抗菌性，製成生物塑膠可防止發霉。

四、利用馬鈴薯粉 60g、醋 30g、甘油 15g、水 100g 的比例可做出耐重性佳的生物塑膠，十分適合作為烏魚骨粉的膠合劑。

五、在生物塑膠中加入海藻酸鈉可大大提升其耐重性。

六、魚骨塑膠的耐酸性在 pH 大於 4.4 以上可維持穩定，在 pH 值過小則會影響其性質。

七、魚骨可以提高生物塑膠的耐熱性，耐熱溫度為 160 度 C。

八、魚骨塑膠的黏著性極高，因此不會有魚骨粉掉落的情形，用菜瓜布摩擦也不容易掉落，實用性佳。

捌、參考資料及其他

- 1.王靖淵、曾玉嘉、高晞洵(2018)。魚鱗塑膠。中華民國第 58 屆中小學科展作品說明書。
- 2.王鼎樂、涂凱文、陳易晴、郭乃榕、黃靖文、廖謀勇(2006)。「碗」救地球~環保再生碗。
中華民國第 46 屆中小學科展作品說明書。
- 3.孫識凱(2017)。「籤」變萬化-魚骨竹籤。全國高級中等學校專業類群 106 年專題暨創意製作競賽作品說明書。
- 4.氫氧基磷灰石介紹
<https://kknews.cc/zh-tw/news/ab82y6n.html>
- 5.如何用澱粉製作生物塑料
<https://www.yxgapp.com/video/b53cb86b-b8e0-4925-a6c7-c32adc60d74a.html>

【評語】 032901

1. 本作品之目的是製作含魚骨之生物塑膠(生物體內高分子)，是適切的環保再利用的主題。
2. 本研究將魚骨加入生物塑膠(馬鈴薯澱粉)中，增加其結構強硬度、抗菌性、耐熱性等。尋找最佳比例(馬鈴薯粉 60g、醋 30g、甘油 15g、海藻酸鈉 2g、烏魚骨粉 15g、水 100g)。
3. 題材富原創性，取材在地化(馬祖)，將當地廢棄魚骨變成黃金。
4. 作品架構具邏輯性，特色為討論分析清楚；惟防刮性測試不夠嚴謹，對高分子交聯反應之敘述不夠清楚。

壹、摘要

全球每年生產塑膠製品約1.4億公噸，塑膠製品需要約四百年的時間才能被自然分解。在海洋形成塑膠濃湯的情形，近年來環保意識抬頭，我們關心這個議題，因此本研究想了解如何利用生活中唾手可得之素材製造環保塑膠，從廢物中尋找可行的機會，從打魚丸刮除魚肉後所剩下的魚骨為材料，探討何種魚骨較適合製作生物塑膠，並探討加入魚骨後製成的生物塑膠的抗菌性為何；以何種材料作為魚骨黏合劑有較強硬度，如何增加魚骨塑膠耐重性，製成的魚骨塑膠耐熱性、耐酸性範圍以及魚骨塑膠的防刮性為何，進而瞭解魚骨是否有再利用價值，形成具有良好物性及化性的生物塑膠。

貳、研究動機

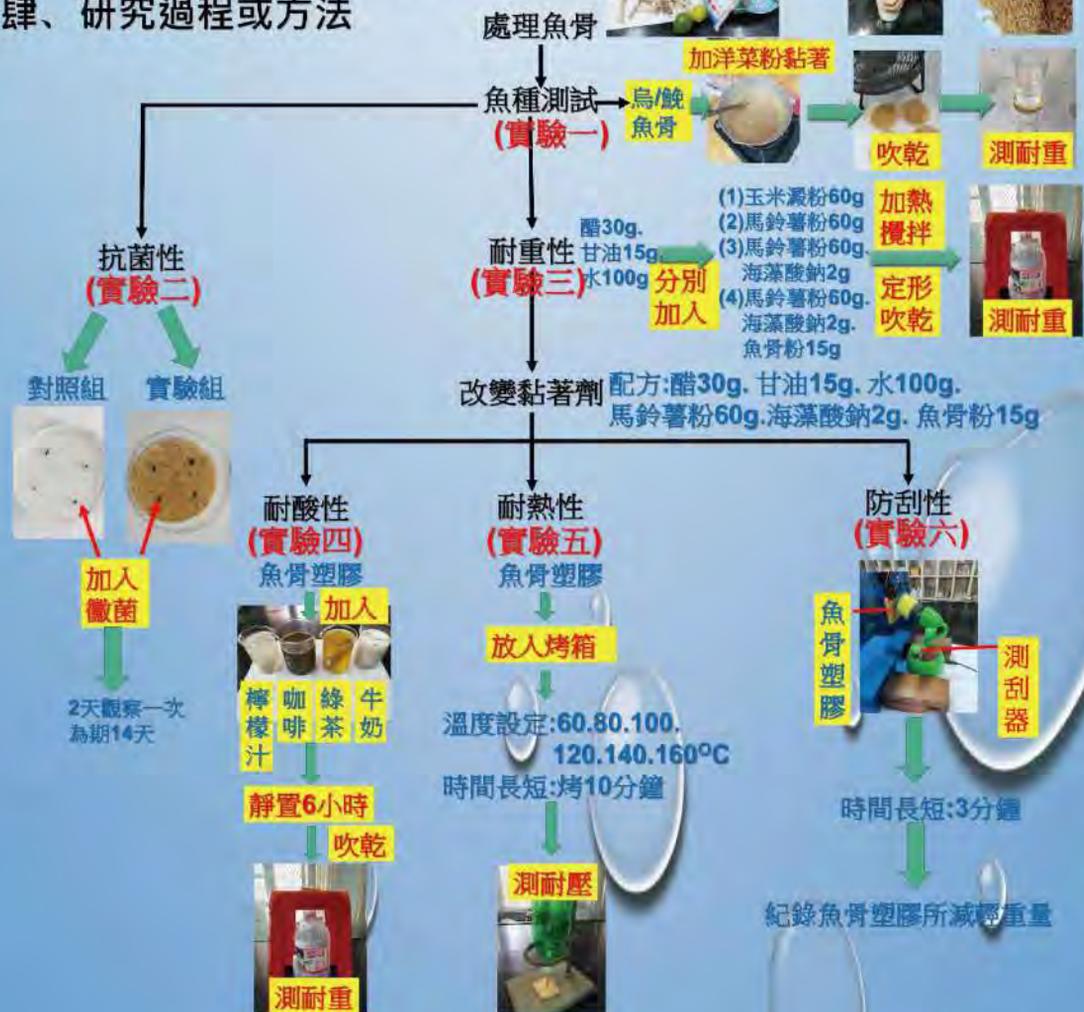
臺灣是一個海島型的國家，海洋是臺灣的一項重要資產，身處在外島的馬祖近年來以觀光作為經濟來源的主要項目，如：「藍眼淚」即是一海洋奇觀，許多遊客為此到馬祖朝聖，但是當遊客到馬祖欣賞海洋生態時，卻看到海灘上有許多的海漂垃圾，這些海漂垃圾皆是由中國大陸沿岸漂流過來，其中不乏塑膠製品，吸管、寶特瓶、塑膠袋，這些日常生活中的一次性塑膠品，隨手一丟便成為地球上最難搞的常居客，堆積在世界的各個角落，造成重大的生態浩劫。我們希望能夠利用隨手可得且可被生物分解的材料製作出生物塑膠，以減少生態破壞。

我們觀察到生活中的塑膠問題，開始查詢相關資料，我們了解到現在在市面上有利用玉米澱粉或植物纖維所製成的環保餐具，我們想了解是否可以在生物塑膠中加入其他成分以提高其可利用性。由於馬祖在冬天時會有較多的魚獲量，家家戶戶會將魚肉刨除製作成魚丸，剩下來的魚骨則是棄之不用，直接倒入海中回歸自然，我們靈機一動，想看看魚骨是否也能從廢物變黃金，加入生物塑膠中以提升其可用性。

參、研究目的

- 一、了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。
- 二、了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。
- 三、了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何增強生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。
- 四、了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。
- 五、了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。
- 六、了解加入魚骨粉的生物塑膠的防刮性。
- 七、了解加入魚骨粉的生物塑膠的生物可分解性。

肆、研究過程或方法



肆、研究結果

實驗一：了解不同魚種魚骨粉製成的生物塑膠，何種有較強的硬度。

	烏魚骨生物塑膠	鮪魚骨生物塑膠
第一次	1080g	350g
第二次	1080g	400g
第三次	1080g	380g
平均	1080g	376.7g

小結1:烏魚骨塑膠比鮪魚骨塑膠有較強硬度

實驗二：了解加入魚骨粉的生物塑膠是否具有抗菌性。

第0天		第2天	
對照組	實驗組	對照組	實驗組
植入黴菌	植入黴菌	植入點出現白色	未變化
第4天		第6天	
對照組	實驗組	對照組	實驗組
1個區塊有黴菌	未變化	3個區塊有黴菌	未變化
第8天		第10天	
對照組	實驗組	對照組	實驗組
4個區塊有黴菌	未變化	4區塊黴菌擴增	未變化
第12天		第14天	
對照組	實驗組	對照組	實驗組
4區塊黴菌增厚	3個植入點有白色棉絮狀	4區塊黴菌變厚變綠色、黃色	3個植入點有白色棉絮狀,未擴散

小結2:魚骨塑膠抗菌性佳

實驗三：了解利用何種材料作為魚骨粉的黏著劑，及如何生物塑膠的耐重性，並測量其耐重性大小。

材料	玉米澱粉	馬鈴薯粉	馬鈴薯粉、海藻酸鈉	馬鈴薯粉、海藻酸鈉、魚骨粉
耐重性 (g)	第一次	1100	4700	6000
	第二次	1200	5000	6000
	第三次	1100	4800	6000
	平均	1133	4833	6000



小結3:以馬鈴薯粉做出的塑膠耐重性好，加入海藻酸鈉更可提高魚骨塑膠的耐重性

實驗四：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐酸性範圍。

浸泡溶液	檸檬汁	咖啡	綠茶	牛奶
pH值	1.8	4.4	5.1	6.0
耐重性	4300(72%)	6000(100%)	6000(100%)	6000(100%)
改變狀況	下降	沒變	沒變	沒變
顏色變化	變白	變黑	沒變	沒變



小結4:魚骨塑膠在pH值4.4以上穩定,pH1.8時受影響

實驗五：了解加入魚骨粉的生物塑膠之耐熱性。

對照組	實驗組	對照組	實驗組
60~100度C		120度C	
承重1400g	承重1400g	承重1400g	承重1400g
未下凹	未下凹	些微下凹	未下凹
對照組	實驗組	對照組	實驗組
140度C		160度C	
承重1200g	承重1400g	承重1200g	承重1400g
下凹	未下凹	下凹	些微下凹

小結5:魚骨塑膠可提高耐熱性。

實驗六：了解加入魚骨粉的生物塑膠的防刮性。

實驗前	實驗後
12.00g	11.98g

小結6:魚骨塑膠的防刮性效果佳

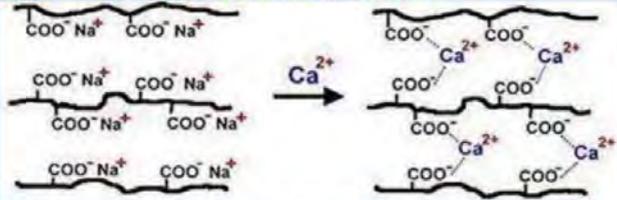
實驗七：加入魚骨粉的生物塑膠的生物可分解性。



小結7:魚骨塑膠的可在自然環境中被分解

柒：討論

1. 實驗一結果發現，烏魚骨粉所做出來的生物塑膠在洋菜粉的黏著之下，可以承受1080公克的重量，而鮭魚骨粉所做出來的生物塑膠只能承受376.7公克的重量，可以知道烏魚骨粉所做出來的生物塑膠硬度比較大。
2. 在用磨豆機打骨粉的時候也察覺到烏魚骨比較硬，要花比較多的時間打，鮭魚骨很容易就打好了，我們利用顯微鏡觀察兩種魚骨的結構，發現烏魚骨的結構較立體，鮭魚骨的結構較平面呈片狀，因此鮭魚骨質地較脆弱，很容易就被打碎了。
3. 從實驗二的結果我們可知，加入魚骨粉的培養皿具有抗菌性，可以防止黴菌擴張，我們查詢了魚骨的相關成分，魚骨中具有氫氧基磷灰石(HAP)，是脊椎動物骨骼和牙齒的主要無機組成成分，**已有研究證明含有HAP材料的牙膏能減少患者口腔的牙菌斑，且經基磷灰石製品，具有良好的抗菌功能，對多種常見菌種（如酵母菌、大腸桿菌和金黃色葡萄球菌等）具有高效的抗菌作用**，是一種安全性高，不易揮發，不易分解，對人體無害且能長效抗菌、防霉的功能性新材料。因此我們認為氫氧基磷灰石也是魚骨粉能避免黴菌擴散的原因。
4. 在實驗三中馬鈴薯澱粉成為我們的生物塑膠的支柱，它是組成糖鏈分子，加入了水後，這澱粉水把所有原料混合在一起，以助於卸下所有原料長長的澱粉鏈，然後製成我們的生物塑膠。**醋有助於把澱粉鏈打破得更小**，讓它們在做生物塑膠時更易被掌控。**甘油能幫助澱粉鏈互相滑動**，這可以使做起塑料材質來，更靈活柔韌，我們需要一邊加熱一邊不停攪拌溶液，當溶液開始變稠，升高溫度，會看見溶液顏色比之前暗很多，而且變得很濃稠，不易移動，把混合物冷卻數分鐘以便處理。
5. 實驗三中發現只加馬鈴薯粉的生物塑膠可承受4900公克的重量，加海藻酸鈉生物塑膠能承受6000g的重量，可見海藻酸鈉可增加生物塑膠的耐重性。查詢海藻酸鈉相關資料，了解海藻酸鈉是由兩種醣醛酸單醣組合而成，**分子結構上擁許多羧基(COO⁻)**，當海藻酸鈉溶液遇到鈣離子(Ca²⁺)時，鈣離子會取代海藻酸鈉羧基上的鈉離子(Na⁺)，再結合另一醣醛酸分子上的羧基，形成離子架橋，使得海藻酸鈉分子間的聯結性更強，形成一個蛋盒的網狀組織結構，使分子結構更加穩定，而馬鈴薯和魚骨都含有豐富的鈣質，能和海藻酸鈉鏈結，故能增加生物塑膠的緻密性。



6. 實驗四中取四種生活常用的飲料，測量酸鹼值，將魚骨塑膠浸泡其中6小時，模擬用烏魚骨塑膠製成環保容器時盛裝溶液的酸鹼範圍，我們發現放在pH值為1.8的檸檬汁中，烏魚骨塑膠的耐重性下降到4300公克，質地變較軟，而放在pH值4.4的咖啡、pH值5.1的綠茶及pH值6.0的牛奶中，烏魚骨塑膠的耐重性還是維持在6000公克，可知烏魚骨塑膠可盛裝弱酸性溶液，強酸性溶液較不適合。我們查詢資料發現**氫氧基磷灰石在正常溫度範圍，pH值大於4.2以上可以穩定的存在，pH值小於4.2時，會轉變成磷酸鈣化合物與四鈣磷酸鹽，氫氧基磷灰石只溶解於酸性環境，因此若是以魚骨粉製作環保器皿，盛裝溶液的酸鹼度必須大於4.2。**
7. 由實驗五結果可知，加入烏魚骨粉可以增加塑膠的耐熱性，此與魚骨中含有氫氧基磷灰石有關，氫氧基磷灰石的熔點是1670度C，且一般製備氫氧基磷灰石都以高溫燒結而成，因此我們推測加入愈多魚骨可使生物塑膠增強耐熱性。
8. 實驗六使用迷你電扇馬達作為動力，裝上菜瓜布模擬清洗時的情況，摩擦3分鐘檢視魚骨粉是否掉落，發現魚骨粉幾乎都不會掉落下來，防刮性佳，因此我們認為這樣在往後的實用性很高。
9. 實驗七結果可知魚骨塑膠於100天後會被分解為碎屑狀，表示具備生物可分解性。

捌、結論

1. 用烏魚骨製作的生物塑膠有較大的硬度。
2. 用洋菜做魚骨粉的黏合劑，雖然可以黏合，但是黏合後的有點軟，若是做成環保器皿也容易變形，因此不適合用洋菜粉黏合。
3. 烏魚骨中的氫氧基磷灰石具抗菌性，製成生物塑膠可防止發霉。
4. 利用馬鈴薯粉60g、醋30g、甘油15g、水100g的比例可做出耐重性佳的生物塑膠，十分適合作為烏魚骨粉的膠合劑。
5. 在生物塑膠中加入海藻酸鈉可大大提升其耐重性。
6. 魚骨塑膠的耐酸性在pH大於4.4以上可維持穩定，在pH值過小則會影響其性質。
7. 魚骨可以提高生物塑膠的耐熱性，耐熱溫度為160度C。
8. 魚骨塑膠的黏著性極高，因此不會有魚骨粉掉落的情形，用菜瓜布摩擦也不容易掉落，實用性佳。
9. 魚骨塑膠具有生物可分解性。