

2014 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100022

參展科別 工程學

作品名稱 聚乳酸/天然纖維複合材料之研究

-探討加入玉米葉纖維對機械性質之影響

得獎獎項 大會獎：三等獎

美國材料資訊協會獎

就讀學校 臺北市立麗山高級中學

指導教師 張堯卿、林國賡

作者姓名 簡銘賢、鐘蓋

關鍵字 聚乳酸、玉米葉纖維、生物可分解複合材料

作者簡介



我是簡銘賢，現在是麗山高中三年級的學生，參加過 102 年青少年科學人才培育計畫，以及通過 2014 年台灣國際科展初審。從未想過自己能走入研究高分子材料這塊領域，感謝學校的專題研究課程給了我一個寶貴的經驗讓我對科學有更深入的認識，也讓我有機會學習到論文資料的分析以及精密儀器的操作。雖然過程中會常遇到挫折，不過在作研究的過程中，仍使我樂在其中，科學其實是很有趣的。

摘要

本研究以玉米葉纖維做為聚乳酸纖維的補強材料，並以加入的玉米葉纖維長度為操縱變因，探討其對聚乳酸/玉米葉纖維複合材料機械性質的影響。實驗設計以純聚乳酸為對照組，以加入 1mm, 2mm, 5mm, 13mm 玉米葉纖維的聚乳酸複合材料為實驗組。本研究以拉伸強度和耐衝擊值來判斷機械性質的強度。

實驗數據顯示，實驗組的拉伸強度與對照組差距不大，但在耐衝擊值卻比對照組高出許多。除此之外，拉伸強度和耐衝擊值都顯示加入 2mm 玉米葉纖維在實驗組擁有最佳的數值。另外，加入越長的玉米葉纖維反而不會擁有較佳的機械性質。未來期待聚乳酸複合材料能夠應用在更廣的層面。

Abstract

In our study, we use corn leaf fiber as a reinforcing material for Polylactic Acid and make the length of the corn leaf fiber a main independent variable in creating a corn leaf fiber/ Polylactic Acid composite material. We want to discuss how the independent variable will affect the mechanical property of the composite material. In the experiment, pure Polylactic Acid is designed as the reference group, and we added 1mm, 2mm, 5mm, 13mm long corn leaf fiber with Polylactic Acid to create composite material in the experimental group. We use tensile strength and impact strength value to evaluate the strength of mechanical property.

According to the statistics, the tensile strength of the experimental group didn't differ apparently with that of reference group. But the experimental groups have better impact strength value than the reference group. In addition, the statistics of tensile strength and impact strength value all show that the experimental group which added 2mm corn leaf fiber to create the composite material has the best outcome. In the other hand, adding longer corn leaf fiber in the creation of composite material didn't have better value in the two categories of statistics. In the future, we look forward to seeing Polylactic Acid applying in broader aspects.

壹、前言

(一)研究動機

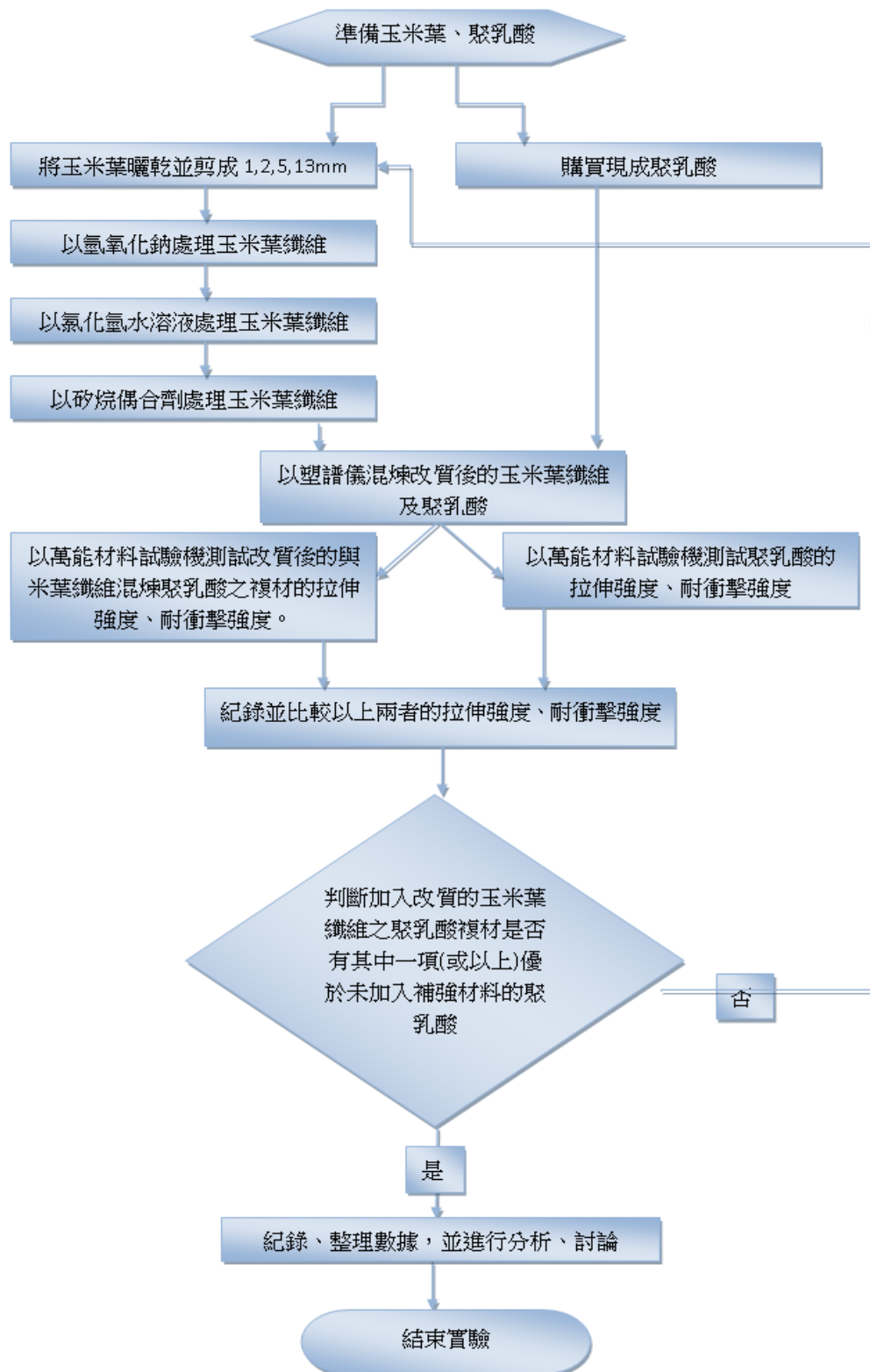
塑膠被人類普遍使用，但卻無法被環境分解。生物可分解塑膠的出現帶來了轉機，許多調查和研究也指出生物可分解塑膠會蓬勃發展。其中廣為人知和已商品化的聚乳酸(PLA)塑膠材料其機械性質並不甚理想，我們想就聚乳酸的機械性質這個方向提出改良方案，讓聚乳酸塑膠材料可應用在更廣的層面上。

(二)研究目的

- 一、混煉改質後的玉米葉纖維和聚乳酸(PLA)塑膠材料，並製作出拉伸和耐衝擊強度較聚乳酸(PLA)強的複合材料。
- 二、以加入之玉米葉纖維長度為操縱變因，將 1mm, 2mm, 5mm, 13mm 的玉米葉纖維加入聚乳酸，分別製作成複合材料，探討此操縱變因對拉伸性質的影響。
- 三、以加入之玉米葉纖維長度為操縱變因，將 1mm, 2mm, 5mm, 13mm 的玉米葉纖維加入聚乳酸，分別製作成複合材料，探討此操縱變因對耐衝擊性質的影響。

貳、 研究方法或過程

(一)研究流程



(二)研究方法

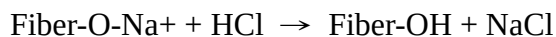
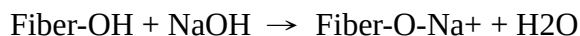
1. 玉米葉纖維之剪裁

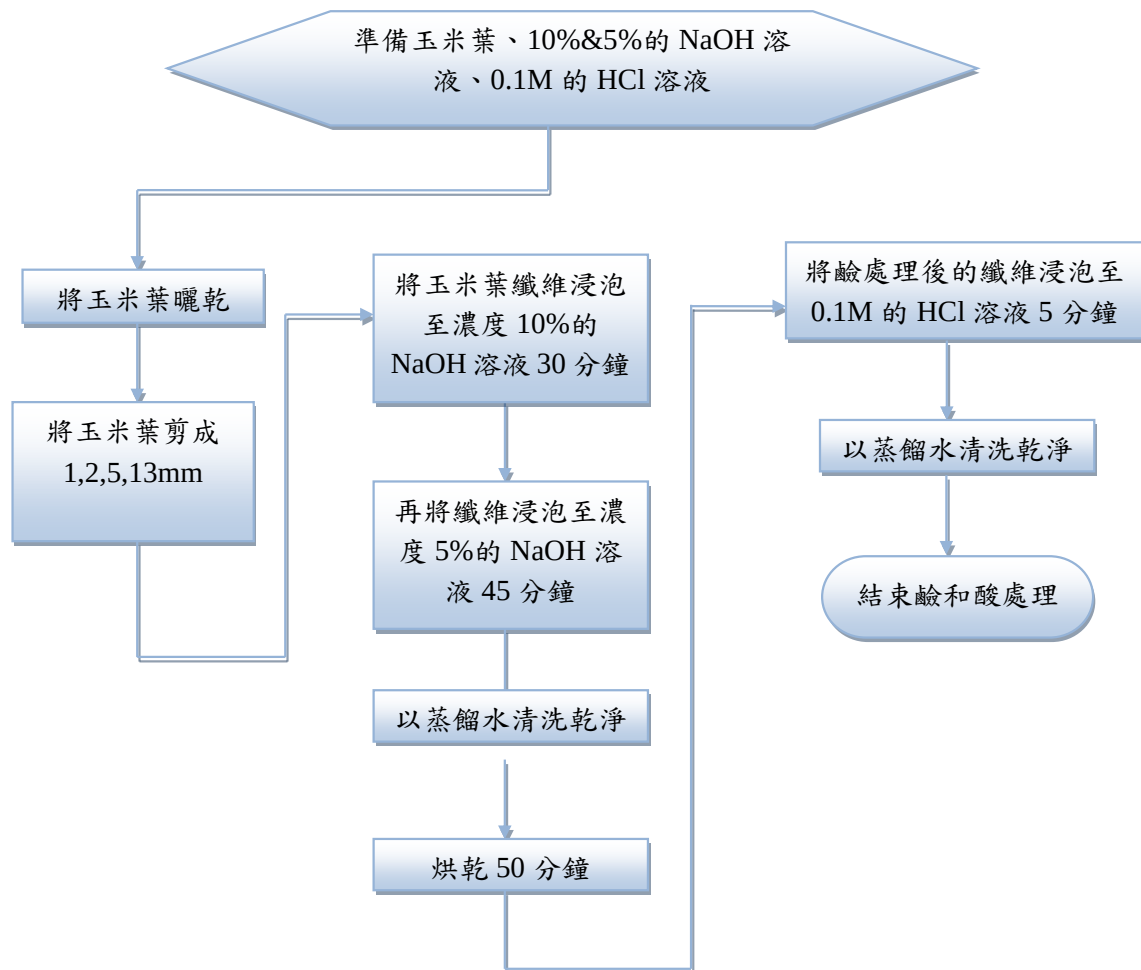
首先，到市場收集烤玉米用剩的玉米葉，再將玉米葉在日光下曬 2 天，並固定玉米葉為寬度 2mm，並且剪裁玉米葉長度分別為 1mm、2mm、5mm、13mm。

2. 玉米葉纖維處理

(1) 酸鹼處理

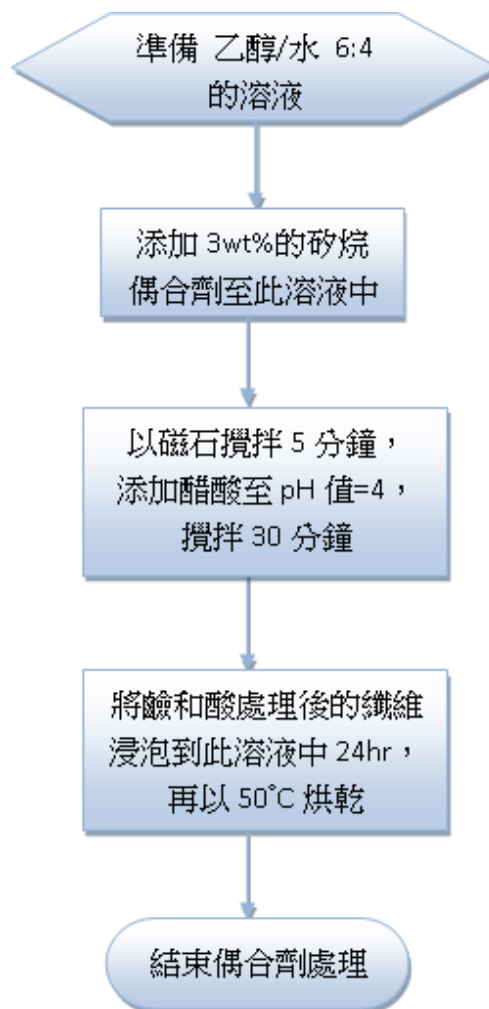
在將玉米葉與聚乳酸混煉之前，要先將玉米葉先進行改質，以利複合材料的製作。首先要進行的是酸鹼處理，流程圖如下。進行鹼處理的目的主要是去除玉米葉的木質素，使其表面帶 Na^+ 離子。而酸處理主要是將玉米葉表面還原成 OH 基。





(2) 偶合劑處理

玉米葉纖維表面有許多 OH 基，親水性強，因此不易與疏水性強的聚乳酸結合，而容易造成在加工過程中玉米葉纖維內部產生氫鍵，使玉米葉纖維本身聚集而無法與聚乳酸充分混合。因此我們使用矽烷偶合劑這種具有雙官能性的化合物做表面處理，減少玉米葉纖維表面的親水性，讓玉米葉纖維能均勻分布在聚乳酸中並產生鍵結，增加相容性，提升高分子複合材料的性質。如下流程圖。



3. 複合材料製作之控制變因

(1) 以塑譜儀混煉玉米葉和聚乳酸

I. 玉米葉和聚乳酸之混合比例

聚乳酸:玉米葉=7:3 為最均勻的比例

	PLA(wt%)	玉米葉(wt%)
玉米葉纖維為 1mm	70	30
玉米葉纖維為 2mm	70	30
玉米葉纖維為 5mm	70	30
玉米葉纖維為 13mm	70	30

II. 混煉時的狀態控制

混煉溫度	攝氏 180 度
混煉轉速	50 rpm
混煉時間	10 分鐘

(2) 以熱壓成型機將混煉完之複合材料製成試片

熱壓溫度	攝氏 200 度
熱壓壓力	100Kgf/cm ²
熱壓時間	15 分鐘

4. 實驗設備

(1) 塑譜儀

廠商：Brabender Co.

型號：Plasti-corder PL2000

用途：使塑膠粒升溫至熔融態，並以高剪切力加以混煉。

(2) 粉碎機

用途：將混煉完成之高分子材料粉碎至 1mm 大小顆粒，以利後續之熱壓成型。

(3) 熱壓成型機

廠商：瓏昌機械工業有限公司

型號：FC-60 TON

用途：將高分子材料加熱熔融，壓成測試片模型。

(4) 萬能拉力機

廠商：SHIMADZU

型號：AGS-J

用途：將啞鈴形測試片(ASTM D-638 規格)置入拉力機之測試夾具中，
進行實驗。最終可獲得抗張強度與斷裂拉昇率。

(5) 耐衝擊試驗機

機型：弘達，HT-8041B

用途：測定塑膠材料之耐衝擊強度。

衝擊值計算方法： $E = WR (\cos\beta - \cos\alpha)$

其中 E：衝擊試驗機所吸收之能量

W：擺錘重量(0.78Kg)

R：擺錘之迴轉中心至其重心間的距離(20.83cm)

α ：落下的角度(150°)

β ：擊斷試片後擺錘之上升角度

參、 研究結果與討論

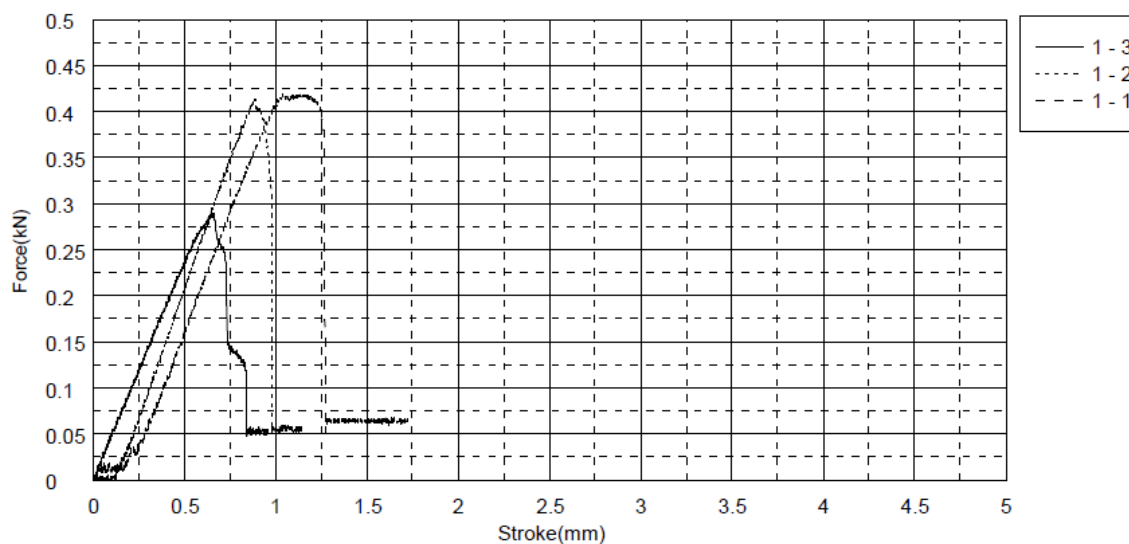
(一)拉伸強度實驗

以萬能材料試驗機測試材料拉伸強度的目的主要是檢測材料的機械性質。而本研究中將加入不同纖維長度的玉米葉與聚乳酸製成的複合材料為實驗組，以未加入任何補強材料的純聚乳酸為對照組，分別進行拉伸強度實驗，便可由所得數據推論機械性質是否得到提升。在拉伸強度實驗中，萬能材料試驗機會以固定速率拉伸啞鈴型試片，直到試片斷裂，而每一片試片都可繪出一拉伸曲線圖(應力對應變關係圖)。

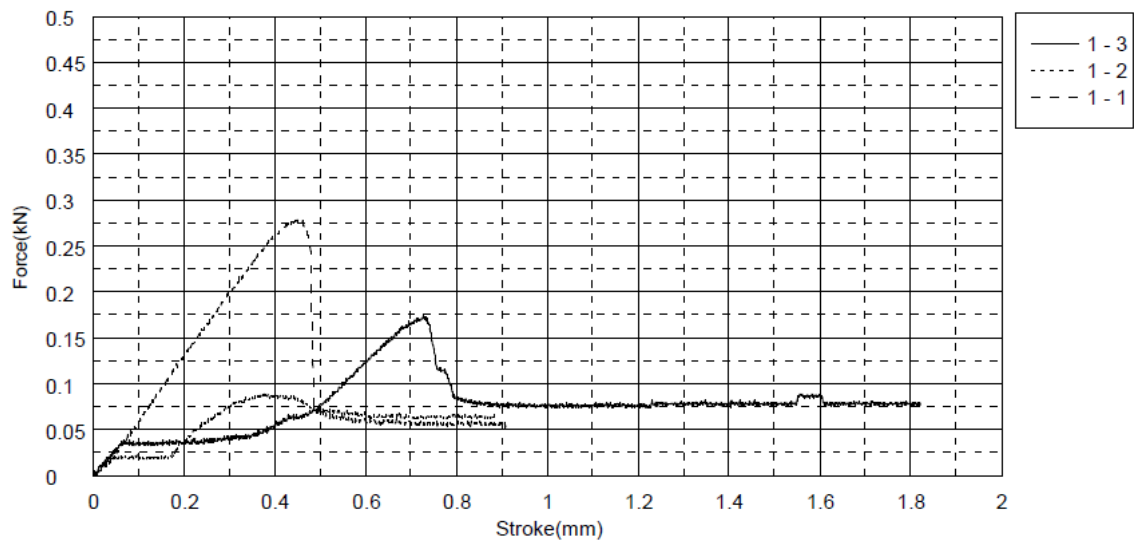
1. 對照組與實驗組之拉伸曲線圖

拉伸曲線圖為以試片承受的外力為縱軸和形變量為橫軸的曲線圖，由拉伸曲線圖可獲得四個檢測機械性質的數據：抗張強度、楊氏模數、斷裂伸長率。

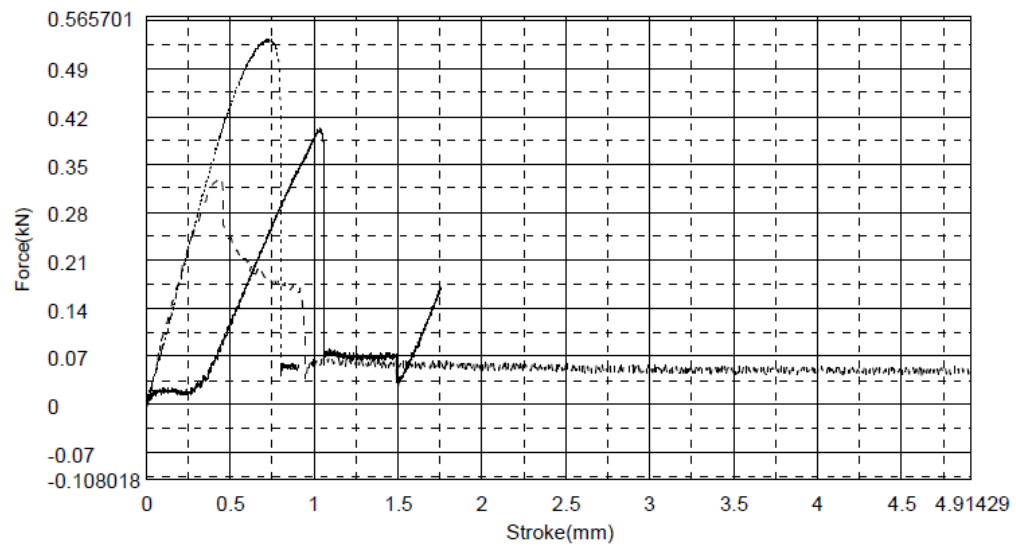
以下為對照組與實驗組的拉伸曲線圖。



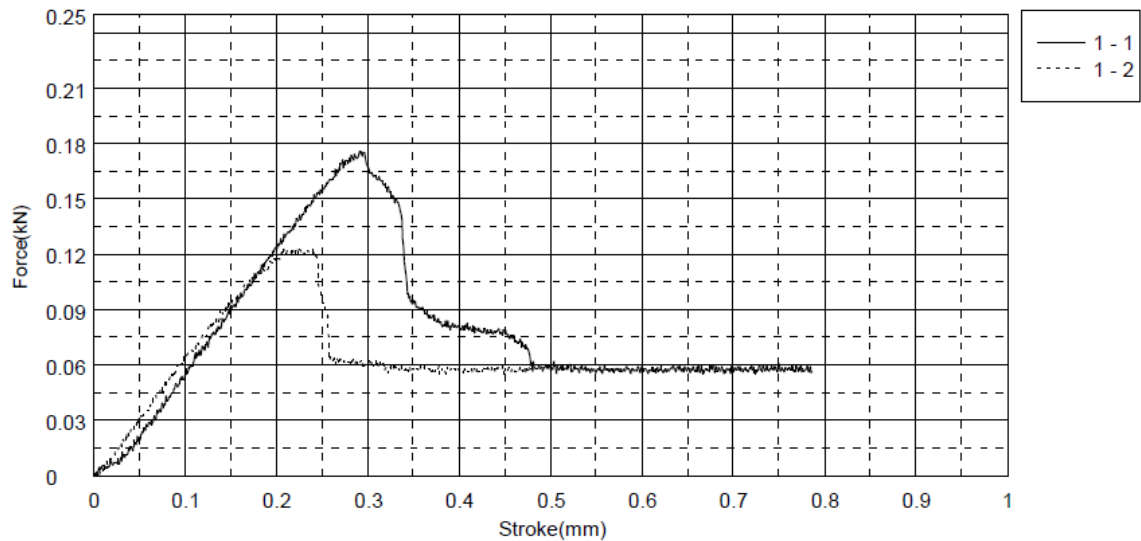
圖(1) 對照組-純聚乳酸拉伸曲線圖



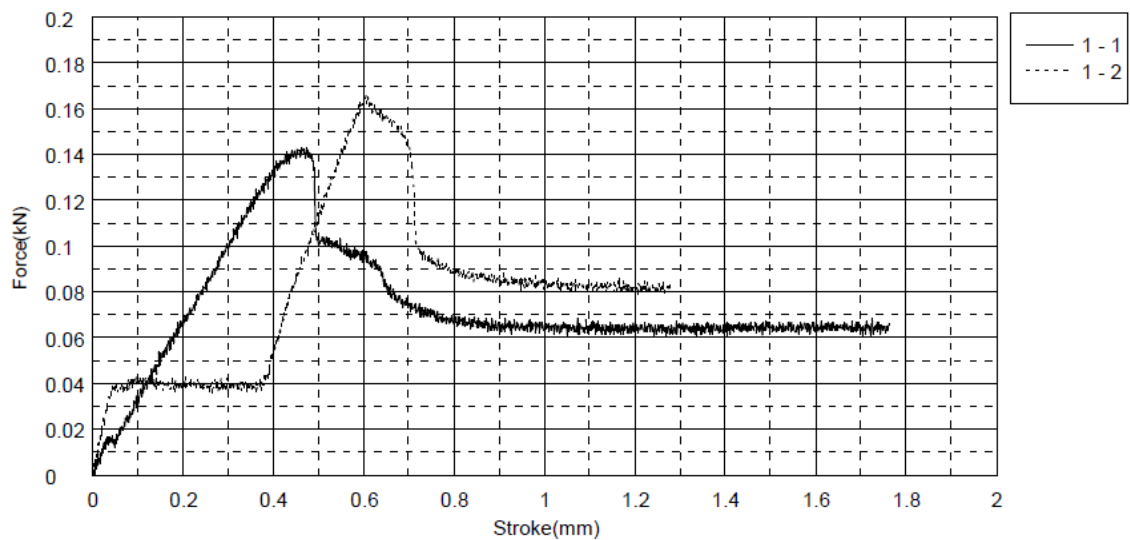
圖(2) 實驗組-1mm 玉米葉+聚乳酸拉伸曲線圖



圖(3) 實驗組-2mm 玉米葉+聚乳酸拉伸曲線圖



圖(4) 實驗組-5mm 玉米葉+聚乳酸拉伸曲線圖



圖(5) 實驗組-13mm 玉米葉+聚乳酸拉伸曲線圖

2. 對照組與實驗組之實驗數據

抗張強度的數值可由拉伸曲線圖中試片所能承受的最大外力除以試片的受力面積獲得。楊氏模數為抗張強度除以形變量百分比。斷裂伸長率為試片斷裂時的形變量除以試片原長。因此，可由以上關係從拉伸曲線圖中轉換出下表所呈現的數據。

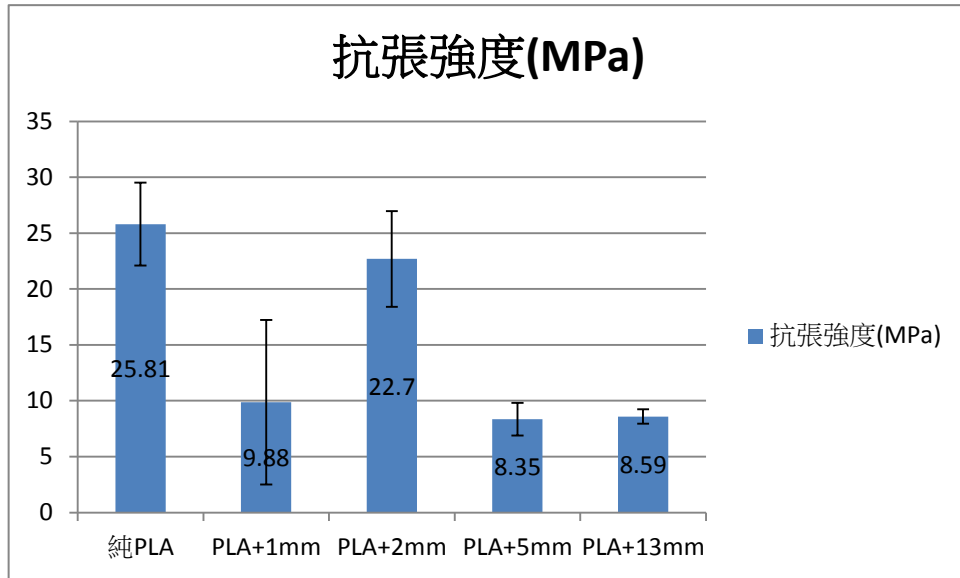
	抗張強度 (MPa)	楊氏模數 (GPa)	斷裂伸長率 (%)
純 PLA	25.81 ±3.70	1.09 ±0.08	2.87 ±0.57
PLA+1mm	9.88 ±7.36	0.80 ±0.52	1.55 ±1.55
PLA+2mm	22.70 ±4.28	1.23 ±0.86	1.99 ±0.48
PLA+5mm	8.35 ±1.45	1.42 ±0.08	0.93 ±0.26
PLA+13mm	8.59 ±0.64	0.645 ±0.035	2.25 ±0

接下來將分別就抗張強度、楊氏模數、斷裂伸長率分別進行討論，最後再進行綜合討論。

3. 對照組與實驗組抗張強度討論

在抗張強度方面，對照組擁有比其他四組實驗組還要好的數值(如圖(6))，平均值為 25.81MPa。實驗組中，聚乳酸+2mm 玉米葉接近對照組的數值，為 22.70MPa。抗張強度代表材料單位面積(mm²)所能承受的力(N)，即材料所能承受的壓力，又稱應力。數據中可推論出純聚乳酸單位面積可承受的力比聚乳酸+2mm 玉米葉稍好一些，而遠比聚乳酸+1mm 玉米葉，聚乳酸+5mm 玉米葉，聚乳酸+13mm 玉米葉要好的多。而聚乳酸+5mm 玉米葉之數值會較差，推論可能是因為其玉米葉纖維長度較長，使複合材料中有較多的空隙，導致材料本身抗張強度較差，聚乳酸+13mm 玉米葉亦是如此。

抗張強度常用來代表材料的機械性質，意義為需要多大拉力才能破壞單位面積材料分子的凝聚力。換言之，擁有較好的抗張強度的材料，需要較大的力才能破壞其單位面積材料分子間的凝聚力，代表其機械性質越佳。從圖(6)可得知，在抗張強度方面實驗組之機械性質沒有提升，但仍可獲得與對照組相近之抗張強度。

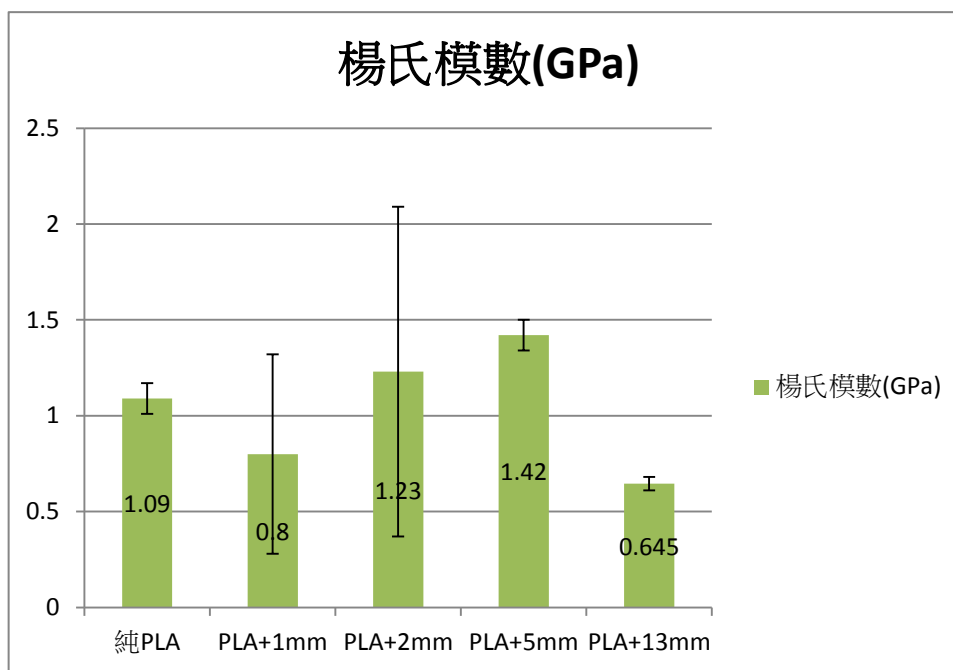


圖(6) 對照組與實驗組之抗張強度

4. 對照組與實驗組楊氏模數討論

在楊氏模數方面，實驗組擁有比對照組還佳的數值(如圖(7))。實驗組中最好的是聚乳酸+5mm 玉米葉(1.42GPa)。楊氏模數代表單位形變量承受的應力，也是拉伸曲線的斜率，其值越高代表材料可承受的應力越大。從所獲得的數據中可推論出聚乳酸+5mm 玉米葉和聚乳酸+2mm 玉米葉單位形變量所能承受的拉力較純聚乳酸來的大。而聚乳酸+5mm 玉米葉較聚乳酸+2mm 玉米葉來得好的原因推論可能為其形變量百分比較小的緣故。

楊氏模數的數值越大，代表材料單位形變量下所能承受的拉力就越大，可作為代表示機械性質的數值之一。由圖(7)可知實驗組的機械性質有獲得提升。

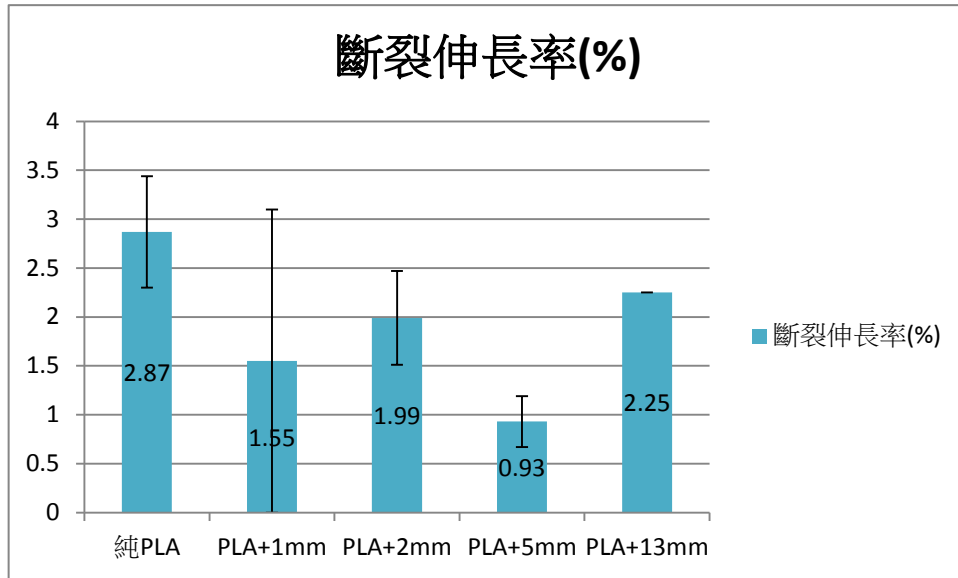


圖(7) 對照組與實驗組之楊氏模數

5. 對照組與實驗組斷裂伸長率討論

在斷裂伸長率方面，對照組的數值比實驗組來的好(如圖(8))。實驗組中最接近對照組的組別為聚乳酸+2mm 玉米葉。斷裂伸長率代表材料斷裂時形變量的百分比，即為斷裂時的應變，其值越大代表材料韌性越好。從所獲得的數據中可推論出，純聚乳酸的應變最大，而純聚乳酸+2mm 玉米葉斷裂時的應變為次大，接近純聚乳酸的數值。

斷裂伸長率越大，代表材料斷裂時的形變量越大，表示材料韌性佳，而形變量越大，代表其外力越大。所以斷裂伸長率也可作為代表機械性質的數值之一。由圖(8)可知，實驗組的機械性質沒有獲得提升，對照組之斷裂伸長率較佳。



圖(8)對照組與實驗組之斷裂伸長率

6. 拉伸強度實驗綜合討論

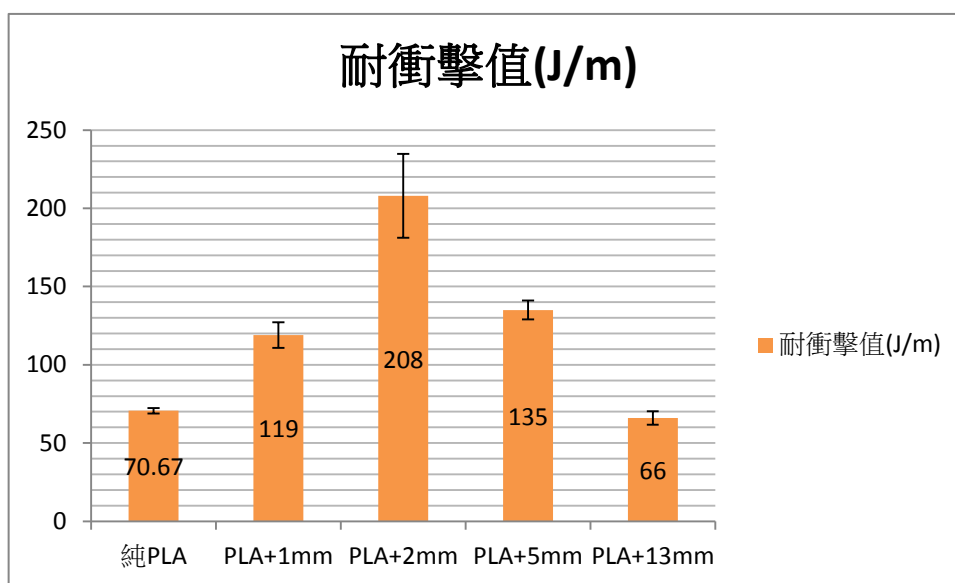
比較對照組和實驗組的抗張強度、楊氏模數和斷裂伸長率都足以檢視材料的機械性質是否得到提升。從這三組數據可推論出，加入玉米葉纖維能夠部分提升聚乳酸的機械性質。而從加入玉米葉之纖維長度這個變因來探討的話，聚乳酸+2mm 玉米葉表現最好。雖然其單位面積所能承受的力不如純聚乳酸，但其單位形變量所能承受的應力較純

聚乳酸好，斷裂時的應變也和純聚乳酸相去不遠。觀察四組實驗組，聚乳酸+1mm 玉米葉的三項數據表現比聚乳酸 5mm 玉米葉和聚乳酸 13mm 玉米葉佳，而比聚乳酸+2mm 玉米葉差。但其抗張強度與聚乳酸 2mm 玉米葉相差甚多，推論可能為製作試片時氣泡過多，而無法檢測出其真實的抗張強度。而聚乳酸+5mm 玉米葉和聚乳酸+13mm 玉米葉的三項數值大多都較其他兩組實驗組和對照組差，推論可能為因加入的纖維長度較長，造成複合材料中空隙較大，導致其機械性質較差。

(二)耐衝擊強度實驗

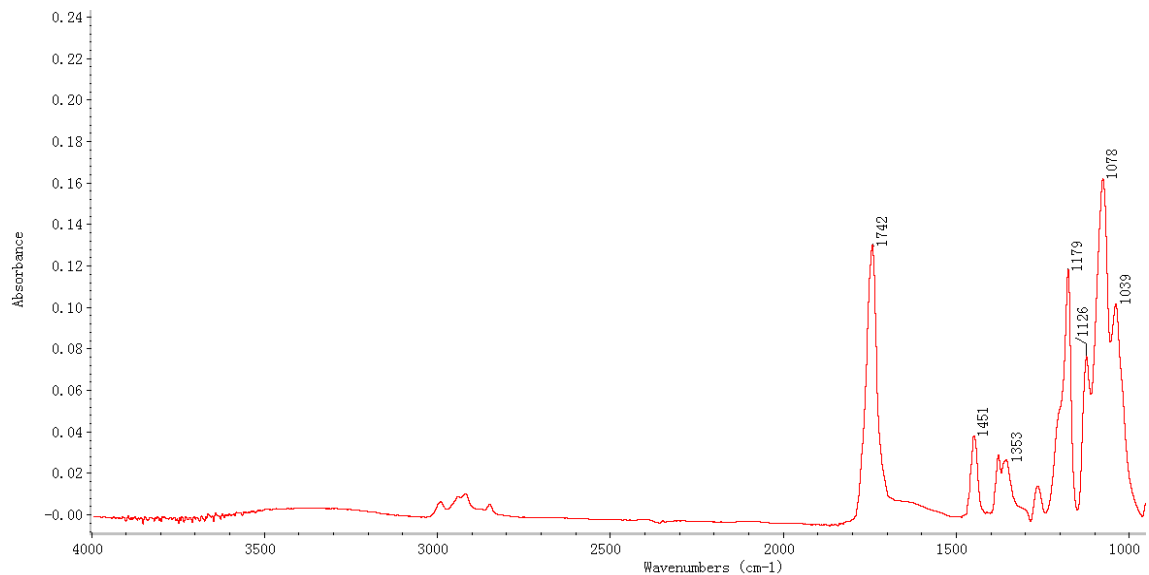
本實驗用的研究器材是耐衝擊試驗機，其耐衝擊機主要是測量材料本身的耐衝擊值(J/m)，實驗結果如下表所示。純聚乳酸中 1mm,2mm,5mm,13mm 等不同長度的玉米葉，對照組純聚乳酸的數值為 70.6(J/m)(如圖(9))，而在加入 1mm 後漸增為 119，而在加入 2mm 玉米葉後，耐衝擊值達到 208，然而加入長度 5mm 玉米葉後，耐衝擊值便降為 135，最後加入 13mm 的玉米葉耐衝擊值更降為 68。上述顯示加入玉米葉後聚乳酸的耐衝擊值有明顯上升，聚乳酸+2mm 玉米葉則擁有最大值。耐衝擊值(J/m)代表單位厚度所吸收的能量，如果得到的數值越大代表材料可以吸收的能量越高，而可推論材料的韌性越好。實驗組中每一組的數值都較對照組來的好，顯示加入玉米葉纖維確實可提升聚乳酸塑膠材料的機械性質。

	耐衝擊值(J/m)
純 PLA	70.67 ±1.76
PLA+1mm	119 ±8.16
PLA+2mm	208 ±26.87
PLA+5mm	135 ±6.08
PLA+13mm	66 ±4.24

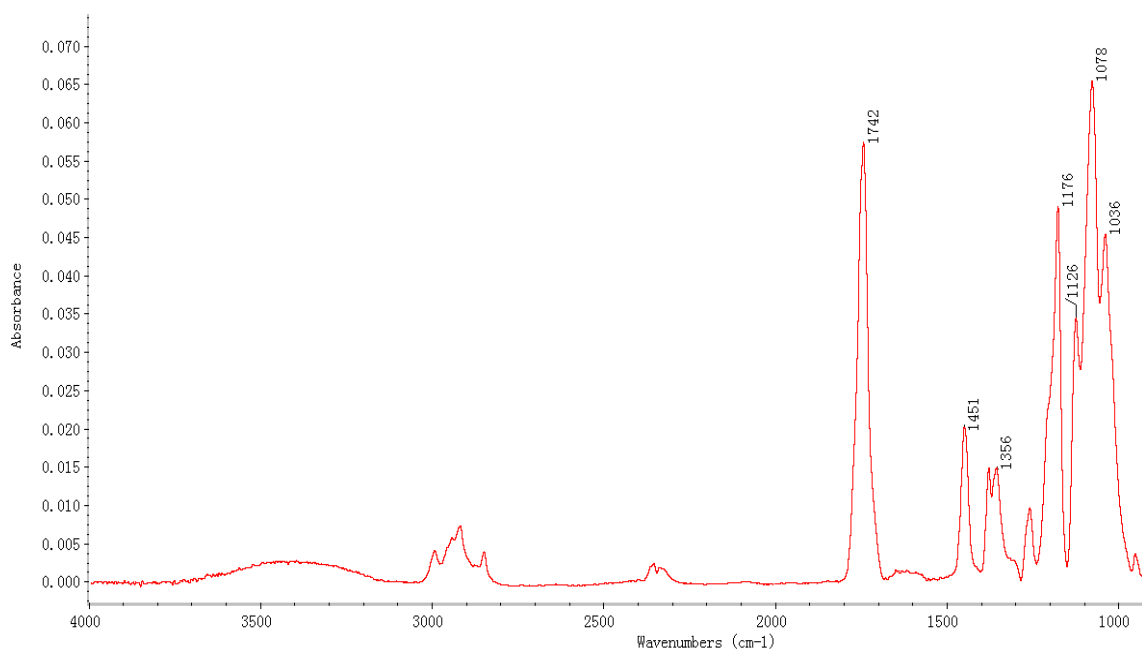


圖(9)對照組與實驗組之耐衝擊強度

另外本研究也有試著解釋加入玉米葉纖維後的聚乳酸材料耐衝擊值提高的原因，並以耐衝擊值提高最多的加入 2mm 玉米葉之後聚乳酸當作代表檢驗對象。並利用傅立葉轉換紅外線光譜儀做了紅外線光譜圖的分析(FTIR 圖譜)。傅立葉轉換紅外線光譜儀則是藉由物質官能基有其特徵性吸收峰，並按光譜的位置來判斷物質的結構。但發現加入玉米葉後的聚乳酸與原聚乳酸相比，並沒有形成新的鍵結。(見圖 10、圖 11、圖 12)。本研究推論加入玉米葉後聚乳酸耐衝擊值提高的原因有二，一是玉米葉纖維材料本身的韌性，另一個則是前置實驗所加入的偶合劑，讓玉米葉分子之間更加均勻緊密，使得耐衝擊值提高。



圖(10)純聚乳酸紅外線光譜圖



圖(11)聚乳酸+2mm 玉米葉複材紅外線光譜圖

特殊官能基	吸收峰範圍
Si-O-Si	800~850 ; 1000~1100
Si-OEt	950~990 ; 1150~1190
C=C	1600~1650
OH	3300~3500
C=O	1700~1750

圖(12) 主要官能基吸收峰對照表

肆、 結論與應用

(一)結論

1. 純聚乳酸塑膠材料的抗張強度以及斷裂伸長率普遍比加入玉米葉纖維的聚乳酸複合材料好。
2. 加入玉米葉纖維的聚乳酸複合材料的楊式模數比純聚乳酸佳
3. 加入玉米葉纖維的聚乳酸複合材料的耐衝擊值有明顯的提升
4. 加入 2mm 長度玉米葉纖維的聚乳酸複合材料機械性質比加入其他長度好
5. 加入越長的玉米葉纖維其機械性質並不會隨之增高。

(二)應用與未來展望

根據 BBC 的市場報告，全球生質塑膠的利用量在 2011 年創下了 85 萬公噸的記錄，預測今後將以年平均成長率 40%繼續成長。而聚乳酸是最普遍的生物可分解材料。本作品主要針對目前市售純聚乳酸塑膠材料之機械性質加以提升，使其得可以被應用在需耐衝擊值更高的工作環境中，如競選旗座、包裝材料…等。

1. 本作品會希望在原本尺寸的條件下再切割更小尺寸的長度找出材料性質是否有更顯著的規律性以及更準確的最高峰。
2. 另外，也希望以蛋白酶 K 測試聚乳酸以及加入各長度加入玉米葉的聚乳酸的生物可分解性質。
3. 相較於市面上的純聚乳酸，加入玉米葉後的聚乳酸拉伸性質雖普遍沒有純聚乳佳，但耐衝擊有顯著提升，所以還是有其應用的前瞻性。

伍、 參考文獻

- 一、李柏炘(2007)。添加 4,4-二苯基甲烷二異氰酸酯及二氧化矽對聚乳酸之熱性質與力學性質之影響。國立台灣科技大學高分子工程研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 二、李繼煌(2006)。聚乳酸開發與應用綜論。朝陽科技大學應用化學系碩士論文，未出版，台中市。
- 三、涂曉蓉(2009)。木質纖維強化聚乳酸複合材料之製備與特性研究。國立台北科技大學有機高分子研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 四、張文潔(2011)。天然植物纖維補強聚乳酸綠素材料之研究。朝陽科技大學應用化學系碩士論文，未出版，台中市。
- 五、楊斌(主編)(2010)。PLA 聚乳酸環保塑膠。台北市：五南出版。

評語

生物可分解複合材料為目前現今開發研究重點，該研究成功利用 PLA 與玉米葉纖維混煉成品，研究成果豐富，建議應多加討論玉米葉纖維添加於 PLA 材料內之破壞力學探討。