

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：化學

作 品 名 稱：高分子複合材料的性質、製作與分解

學校 / 作者：臺北市立第一女子高級中學 黃婷筠
臺北市立第一女子高級中學 林妍辰

作者簡介



我是黃婷筠，在國中時就對物理化學情有獨鍾，尤其對於化學實驗更是有興趣，雖然曾經在物理和化學間猶欵不決，但最後仍是選擇了化學做為我的專題研究方向，決定以日常生活中常見的高分子聚合物為題，在實驗的過程中學習了不少新的知識與技巧。

這次能進入國際科展複審程序真的感到非常的高興，也相信我能在這個過程中獲得不少寶貴的經驗，我也會好好珍惜這一個機會。

我是林妍辰，關於化學，雖然當初並不是十分的熱愛，但是當我在因緣際會下選擇了化學作為我的研究方向後，我對於化學實驗也從一開始的不熟練，漸漸的開始產生了興趣。

在討論科展的題目時，對於身邊的一切事物大多都是由塑膠構成感到好奇，是怎樣的東西可以佔據我生活的大部分？所以，我們設計了這樣的實驗，希望藉由實驗了我們日常生活所不可或缺的東西。

作品名稱：高分子複合材料的性質、製作與分解

Synthesis of Polymer Material and its Decomposing Processes

Abstract

Because plastic cannot be decomposed naturally by itself, therefore, additives needed to be added to facilitate the decomposing process. Let us choose one common material: thermoformed Nylon 66. During the formation process, add the following additives: glucose powder, methyl cellulose, soluble starch and agar powder. Observe whether adding additives would allow changes to occur structurally, or would the elasticity be improved when exist in a linear state, or even it would form a better pH resistance property. Most importantly, observe whether the decomposing rate has increased or not.

According to the experiments, when Nylon 66 contains methyl cellulose, it can sustain the highest tension. Its coefficient of elasticity is 2 times as large as the original one. In terms of the data, we can also observe that when Nylon 66 contains soluble starch, it has the lowest ability to sustain tension. Besides, it has the lowest coefficient of elasticity. And when Nylon 66 contains glucose, it has the highest rate in the process of decomposing. As we look at the surface of polymers under 400 diameters, we can observe that the Nylon 66 with agar powder has some filiferous substance. But we have not confirmed what the matter is.

As to decomposing rate, we found that when Nylon 66 contains additives, it could accelerate its decomposing rate. And the one with agar powder has the highest rate of decomposing.

中文摘要

由於塑膠不能在自然情況下順利分解，所以我們在塑膠中添加其他成分使塑膠可以較易分解。我們選定常見的塑膠—熱塑性的耐綸-66。在聚合物的製作過程中添加葡萄糖、澱粉、洋菜粉末以及甲基纖維素，並觀察加入添加物的塑膠在結構上是否有變化？其塑膠在線型時之張力是否有增強？耐酸鹼性是否有變化？由實驗結果我們可以得知含有甲基纖維素之耐綸-66 所能承受之張力強度最高，且其彈性係數也比無添加物之耐綸-66 高出近 2 倍；而含可溶性澱粉之耐綸-66 所能承受之張力最小，且彈性係數也最低。此外，進行生物分解的實驗可發現，含洋菜粉末的耐綸-66 分解的速率最快。使用 400 倍的光學顯微鏡可發現含有洋菜粉末的耐綸-66 表面與其他耐綸-66 複合材料差異較大，值得進一步研究。

壹 前言

一、研究動機

近年來政府施行購物自備購物袋的政策，可謂落實環保的一大進步，然而許多人卻為此感到不便，因而怨聲載道，甚且直至目前為止，塑膠袋的使用仍然十分普遍，因此我們想從常用的塑膠原料上改良其分解的方式及效果。

二、研究目的

由於合成纖維用途雖廣，但自然分解非常緩慢，我們決定嘗試在其中加入添加物，使合成纖維可以更容易分解，並將成本降至最低，以達到最高的經濟效益。如何使其替代品強度達到最高，且在高溫和低溫的情況下不會硬化斷裂，讓替代品在酸鹼中不易腐蝕，在自然環境中可以自然分解，並使其彈性張力達到最大，這即是我們研究的目標。

貳 研究藥品或器材

藥品分類	研究藥品	研究器材
原料	耐綸-66：正己烷、己二醯二氯、氫氧化鈉、己二胺	燒杯、玻棒、pH meter、溫度計、加熱板、玻璃管、表玻璃、玻璃板、電子天秤、矽油、游標尺、螺旋測微器、彈簧秤
添加物	甲基纖維素、可溶性澱粉、洋菜粉末、葡萄糖粉末	
溶劑	二氯甲烷、氯苯、苯甲酸、甲醇、乙醇、丙酮、乙酸、乙酸乙脂、苯二甲酸二丁脂、THF、胺基酚、乳酸、甲酸、Benzyl Alcohol、m-Cresol、苯酚	
生物分解實驗所使用之器材與藥品	大腸桿菌(葛蘭氏陽性)、酵母粉、食鹽	螺旋試管、接種環、酒精燈

參 研究方法及過程

一、複合材料製作方法

1. 選擇常見的聚合物，以耐綸-66 為主要研究對象。
2. 添加物的種類：選定的添加物以易分解的碳水化合物為主，分別為葡萄糖、澱粉、洋菜粉末以及甲基纖維素，另選定奈米金溶液和 TiO_2 粉末，添加至耐綸-66 中，觀察其性質是否有變化。
3. 將添加物定量、按比例加入我們所選擇的聚合物中。
4. 耐綸-66 的製作：

- (1) 配製 0.25M 的 1, 6-己二胺-氫氧化鈉溶液，標示為 A 溶液。
- (2) 配製等量的 0.25M 的己二醯二氯-正己烷溶液，標示為 B 溶液。
- (3) 取等體積 100mL 的 A、B 兩溶液，將 B 溶液沿杯壁小心倒入 A 溶液，此時形成上下兩層。在兩溶液交界處產生耐綸-66 聚合物，小心從交界液面拉出耐綸-66 絲，如右圖。將耐綸-66 絲晾乾，待用。
- (4) 添加物—葡萄糖：秤取 1 克葡萄糖粉末加入水中攪拌至溶解，再取 2 克氫氧化鈉加入同一溶液中，將 3.5 克的己二胺加入混合，配製成 0.25M 的己二胺-葡萄糖-氫氧化鈉溶液 100mL，標示為 C 溶液。
- (5) 取等體積的 B、C 溶液，重複第 (3) 步驟。
- (6) 將步驟 (4) 的添加物改以 1 克可溶性澱粉，標示為 D 溶液，將等體積的 B、D 溶液小心混合，重複第 (3) 步驟。
- (7) 同理，將添加物改以洋菜粉末、甲基纖維素粉末，分別標示為 E 溶液和 F 溶液，重複步驟(4)、(5)製作出耐綸-66 複合材料。
- (8) 同理，將添加物改以 0.5g 的甲基纖維素粉末，標為 G 溶液，重複步驟(4)、(5)製作出耐綸-66 複合材料。



二、複合材料定量檢測：利用本氏液檢驗醛基的原理，計算出複合材料的定量結果。

1. 葡萄糖：將反應剩餘的 C 溶液與本氏液作用，如右圖。經過加熱後，將紅色的氧化亞銅沉澱過濾、秤重，計算葡萄糖反應過程中聚合的消耗量。
2. 可溶性澱粉：因可溶性澱粉為葡萄糖聚合而成，故加入濃硫酸(18M)於 D 溶液後，再以水浴法隔水加熱 10 分鐘，待其冷卻至室溫，再以氫氧化鈉溶液滴定中和。加入本氏液，加熱，催化此反應使其產生紅色氧化亞銅沉澱，並將沉澱以濾紙過濾，將沉澱物烘乾後進行秤量，計算可溶性澱粉在反應過程中聚合的消耗量。
3. 甲基纖維素：因纖維素為葡萄糖聚合而成的多醣，故方法同 2。
4. 洋菜：因洋菜為半乳糖聚合而成，故同 1 利用本氏液滴定。



三、物理性質與化學性質的檢測

1. 標準本的製作：由於所拉取的耐綸-66 為界面薄膜聚合而成，故將拉製耐綸-66 絲線的速度放慢，使其介面有充裕的時間形成薄膜，使耐綸-66 絲線的粗細一致。
2. 利用彈簧秤進行張力的測試。
3. 以各種不同溶劑(苯甲酸、甲醇、乙醇、酮、乙酸、乙酸乙酯、苯二甲酸二丁酯、氯苯、THF、胺基酚、乳酸、甲酸、硫酸、苯甲醇、m-Cresol、苯酚)嘗試溶解耐綸-66 及其複合材料。
4. 了解其抗酸鹼的程度，以不同的酸鹼值檢測，觀察塑膠在何種酸鹼度會開始溶解或完全溶解。利用攪拌子持續攪拌，逐滴加入甲酸降低其 pH 直到塑膠材料完全溶解。

四、生物分解

1. 將耐綸-66 磨成細碎粉末狀。
2. 將配置好的液態培養基接種大腸桿菌。
3. 將耐綸-66 粉末放入液態培養基中，觀察其生長情形。
4. 將溶液混合均勻，吸取定量至於四十倍的顯微鏡下觀察，紀錄耐綸-66 顆粒數。
5. 將溶液靜置 60 天候，計算單位溶液中的顆粒數，紀錄並比較之。

五、光學顯微鏡觀察複合材料表面

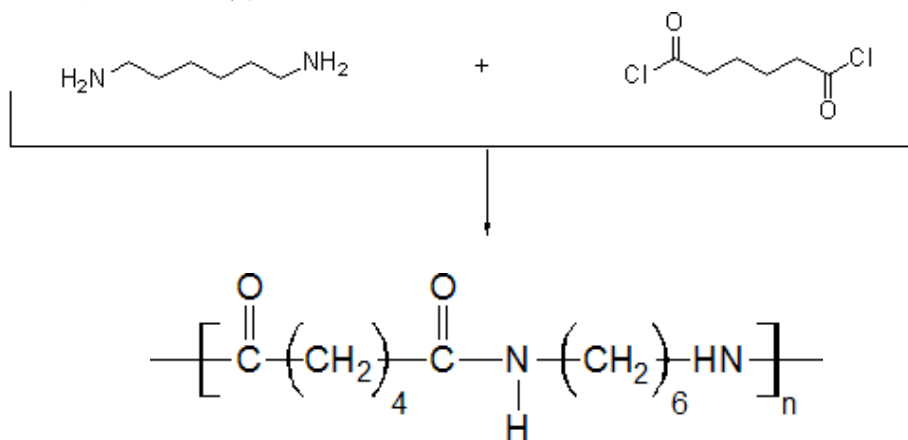
1. 將複合材料利用載玻片做成薄膜。
2. 利用光學顯微鏡觀察複合材料與無添加物耐綸-66 之表面，並比較其異同。

六、檢測原塑膠材料及其複合材料的紅外線 IR 光譜，比對物質結構組成的關係。

肆 研究結果與討論

一、耐綸-66 複合材料製作的觀察及結果：

1. 耐綸-66 的聚合過程：



2. 耐綸-66 複合材料的結果（材料外觀照片請見附件一）

- (1) 無添加物的耐綸-66：質地潔白，彈性中等。
- (2) 添加葡萄糖的耐綸-66：加入葡萄糖的耐綸-66 變得比原本的耐綸-66 透明，但與甲基纖

維素比較仍略遜一籌。註：烘乾時有焦黃色出現。

- (3) 添加可溶性澱粉的耐綸-66：添加可溶性澱粉的耐綸-66 比無添加的耐綸-66 質地稍白，且較容易碎裂，已用碘離子測試確認有澱粉質附在耐綸-66 上。加入澱粉的己二胺氫氧化鈉溶液呈凝膠狀。兩液混合產生的界面薄膜較無添加物的對照組來的容易破裂，推測可能是因為可溶性澱粉介入了兩溶液間的聚合反應。
- (4) 添加洋菜的耐綸-66：加入洋菜的耐綸-66 變得比原本無添加物的耐綸-66 透明，在外觀上，與原來的耐綸-66 似乎沒有太大的差異。
- (5) 添加甲基纖維素的耐綸-66(甲基纖維素的量為 100mL:1g)：在抽絲的過程中發現，加入甲基纖維素的耐綸-66 變得十分透明，黏滯性高，不易斷裂，不易拉成絲，乾燥之後彈性佳。
- (6) 添加甲基纖維素的耐綸-66(甲基纖維素的量為 100mL : 0.5g)：在抽絲的過程中發現，加入 0.5g 甲基纖維素的耐綸-66，在拉絲過程中黏滯性高，但乾燥後不易斷裂，彈性佳，與添加 1g 甲基纖維素比較起來顏色較白。

二、耐綸-66 複合材料複合過程中定量結果：

1. 進行定量滴定所得之氧化亞銅沉澱物重量

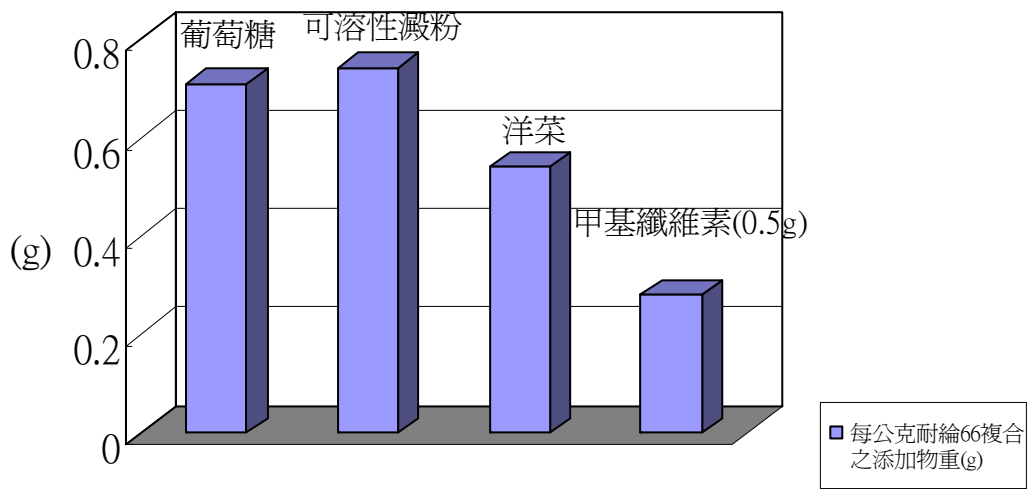
添加物	葡萄糖	可溶性澱粉	洋菜
沉澱重(g)	1.26	0.66	1.62
沉澱物顏色	為咖啡色	咖啡色粉末中含有彩色金屬光澤	跟葡萄糖同為咖啡色粉末沉澱
添加物剩餘重(g)	0.26	0.14	0.34
添加物消耗重(g)	0.74	0.86	0.66
製出耐綸-66 之總重(g)	1.04	1.17	1.23
每公克耐綸-66 複合之添加物重(g)	0.71	0.74	0.54

添加物	*甲基纖維素(1g)	甲基纖維素(0.5g)
沉澱重(g)	0.90	0.15
沉澱物顏色	呈白色沉澱，跟甲基纖維素粉末十分相似	呈白色沉澱，跟甲基纖維素粉末十分相似
添加物剩餘重(g)	0.90	0.15
添加物消耗重(g)	0.10	0.35
製出耐綸-66 之總重(g)	/	1.23
每公克耐綸-66 複合之添加物重(g)	/	0.28

* 因添加甲基纖維素之耐綸-66 僅拉成一條絲，長度約為 20 公分，截面積約為 1.496 mm^2 ，且其質量過輕，故無法測得總重。

備註：無添加物的耐綸-66，同一條件下所製得的重量為 2.29g。

每公克耐綸-66複合材料中所含添加物之重量比較



添加物：葡萄糖



添加物：可溶性澱粉

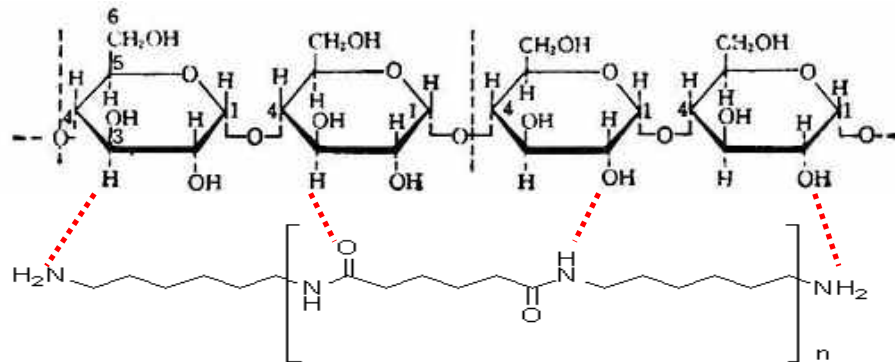


添加物：洋菜

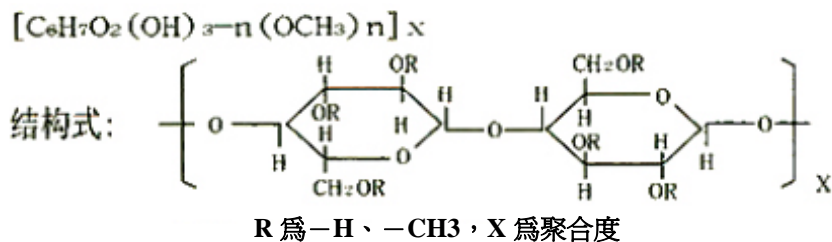


添加物：甲基纖維素

- (1) 結果比較發現可溶性澱粉與耐綸-66 複合量最多。從結構形狀來看，可溶性澱粉為直鏈狀葡萄糖聚合物，此直鏈形狀與原耐綸-66 分子可達最大接觸面積，且澱粉分子中的-OH 基與耐綸分子之醯胺鍵可形成氫鍵，使兩者間引力增加，使澱粉分子進入耐綸-66 複合材料中。



- (2) 甲基纖維素屬於多醣類，由於甲基取代基的立體障礙使得分子結構龐大且溶解度改變，在耐綸聚合過程中遂難以伴隨進入聚合過程中，因此在定量上每公克耐綸-66 複合材料中甲基纖維素之含量最少。
- (3) 在此定量實驗中，甲基纖維素與本氏液的反應沉澱並非紅色，而是類似甲基纖維素粉末的物質。由於在加熱過程中，甲基纖維素迅速解體膨脹，降溫後卻又迅速溶解析出，因此當添加達 1 克的量時，整個耐綸分子幾乎被澎潤的甲基纖維素所包圍，使得拉絲結果不甚理想，因此定量結果與其他添加物有異。



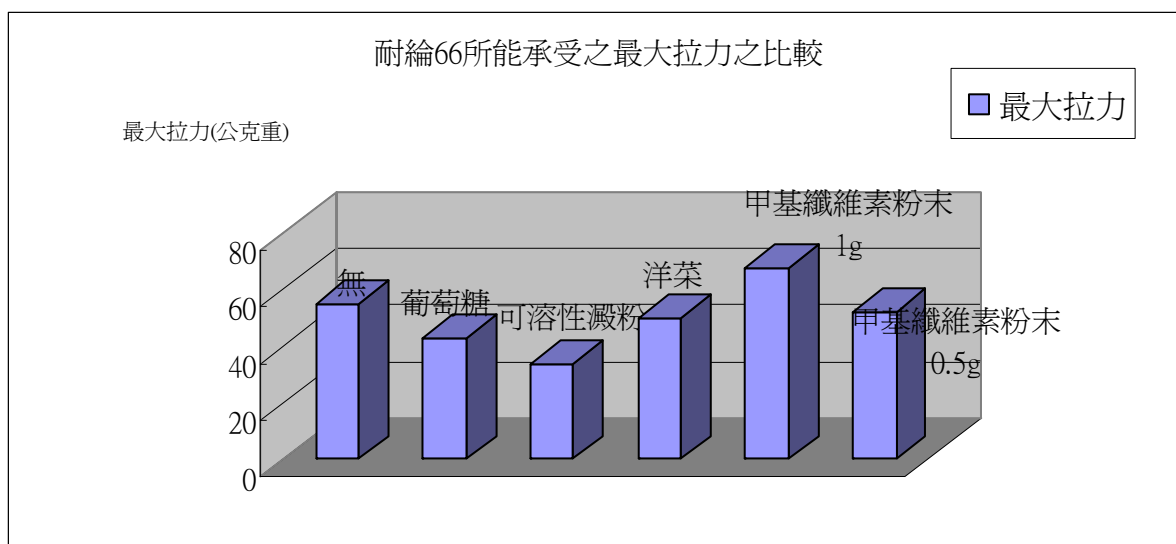
- (4) 從甲基纖維素定量實驗延伸，若添加物增加至一定比例，則影響聚合程度有其極限。以醣類添加物來說，多醣類的直鏈可溶性澱粉在聚合過程中的複合程度較佳，且在使用量方面更為經濟。

三、物理性質與化學性質檢測結果

1. 耐綸-66 複合物所能承受之張力(單位：gw/mm²) (張力=垂直施力/截面積)

$$T = \frac{F}{A} \quad (F: \text{垂直方向所施之力}, A: \text{截面積})$$

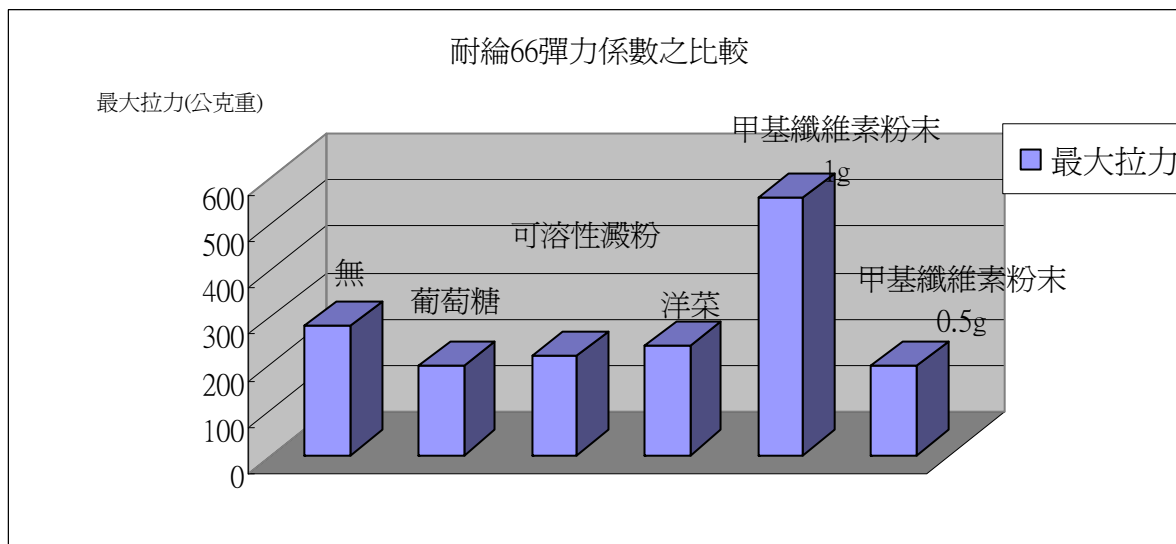
耐綸-66 複合物	不含添加物之耐綸-66	含葡萄糖	含可溶性澱粉	含洋菜粉末	含 1g 甲基纖維素	含 0.5g 甲基纖維素
張力 (gw/mm ²)	54.79	42.72	33.79	50.00	67.54	52.24



2. 含添加物之耐綸-66 的彈性係數

$$y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (F: \text{垂直方向所施之力}, A: \text{截面積}, \Delta L: \text{伸長量}, L: \text{原長})$$

耐綸-66 複合物	不含添加物之耐綸-66	含葡萄糖	含可溶性澱粉	含洋菜粉末	含 1g 甲基纖維素	含 0.5g 甲基纖維素
張力 (gw/mm ²)	277.27	191.24	214.88	236.42	554.64	192.89



由實驗結果可知，添加甲基纖維素的耐綸複合材料其抗張強度最大、彈性最佳。

3. 利用溶劑溶解樣品—溶解耐綸-66 觀察的現象：(請見附件二)

- (1) 硫酸：因為硫酸為無機強酸，考慮到耐綸-66 聚合鍵結的特性易被酸所破壞，故不採用。
- (2) 苯酚：將 0.1 克的耐綸-66 溶入 25mL 的溶劑中，耐綸-66 溶解呈現出琥珀色的溶液。靜置一日後，除了含甲基纖維素的複合材料仍呈紫黑色液體外，其餘的複合材料皆凝固成固體。再靜置約一星期後，含葡萄糖以及含可溶性澱粉的耐綸-66 複合物顏色轉深，將已凝固的固體樣本加熱熔化，冷卻之後所有樣本以液體溶液形式存在，並沒有變回固

體，但其中含可溶性澱粉的耐綸-66 複合樣品卻在一星期後又自動凝固為固體，由於以上諸多複雜的變因，故不採用此溶劑。

- (3) 苯甲醇：因為沸點在 200°C 以上，作為溶劑不易揮發，故不採用。
- (4) 間-甲苯酚：m-Cresol 本身為橙色液體，考慮測試時可能會影響結果，且沸點也在 200°C 以上，故不考慮。
- (5) 甲酸：如要製成薄膜，是目前所想到最適合的溶劑，但要如何將其揮發，仍是一個頗為棘手的問題。

無法溶解耐綸-66 複合材料的溶劑	
有機酸類：苯甲酸、乙酸	苯：氯苯
醇類：甲醇、乙醇	烷：二氯甲烷
酮類：丙酮	酚：胺基酚
酯類：乙酸乙脂、苯二甲酸二丁脂	其他：THF、乳酸

4. 耐綸-66 複合材料抗酸鹼度測試結果

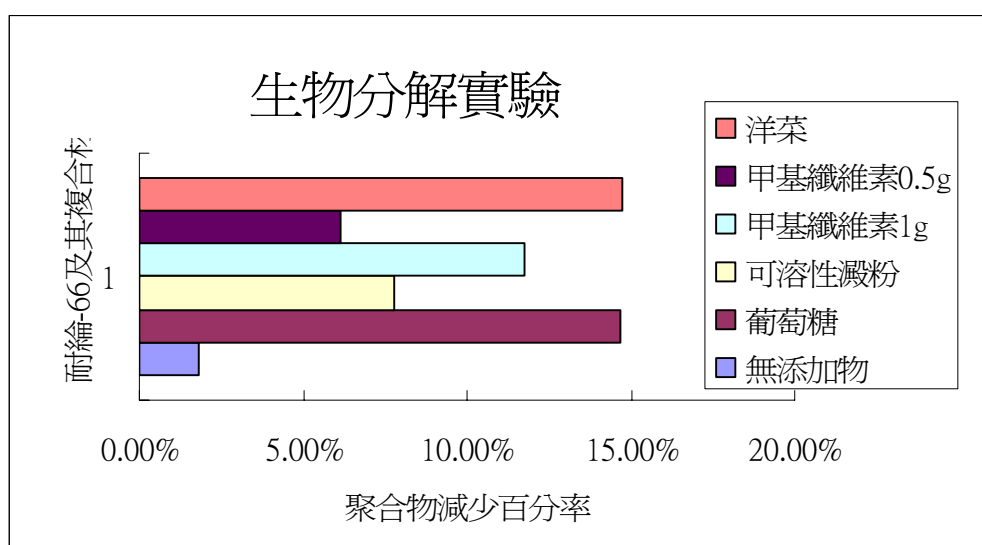
(1) 耐綸-66 能承受之酸性強度如下表：(耐綸-66 之大小約 1 mm²)

	開始溶解之 pH 值	完全溶解之 pH 值
無添加物之耐綸-66	-0.62	-1.11
添加葡萄糖之耐綸-66 複合材料	-0.48	-0.56
添加可溶性澱粉之耐綸-66 複合材料	-0.75	-0.97
添加洋菜粉末之耐綸-66 複合材料	-0.50	-0.65
添加甲基纖維素之耐綸-66 複合材料	-0.48	-0.80

四、生物分解

1. 生物分解結果如下：

種類	無添加物	葡萄糖	可溶性澱粉	甲基纖維素 1g	甲基纖維素 0.5g	洋菜
減少百分比	1.807%	14.65%	7.8%	11.75%	6.15%	14.72%



2. 由數據中可得知，以添加洋菜的耐綸-66 分解的速率最快，其餘依序為添加葡萄糖的耐綸-66、添加甲基纖維素(100mL : 1g)的耐綸-66、添加可溶性澱粉的耐綸-66、添加甲基纖維素(100mL : 1g)的耐綸-66，而無添加物的耐綸-66 則是分解速率最低的。

五、光學顯微鏡觀察聚合物表面（請見附件三）

1. 複合材料表面觀察的結果—外觀及觀察現象

- (1) 無添加物耐綸-66：無添加物的耐綸-66 上有許多近似圓形的無色顆粒，推測有可能是微小的氣泡；另外，無添加物的耐綸-66 上有一些纖維紋理。
- (2) 添加葡萄糖粉末之耐綸-66：跟無添加物的耐綸-66 比較，可發現其氣泡較多較密集，且其紋理較不清晰。
- (3) 添加可溶性澱粉之耐綸-66：其紋理與無添加物的耐綸-66 比較，可發現其紋理似乎較深，有近似裂痕的感覺，應是導致無法承受太大拉力，而使得張力為最低的原因。
- (4) 添加洋菜粉末之耐綸-66：可發現添加洋菜粉末的耐綸-66 表面有類似絲狀物的存在。
- (5) 添加甲基纖維素粉末 1g 耐綸-66：添加 1g 甲基纖維素粉末的耐綸-66 表面十分平滑，無明顯氣泡，但觀察時可發現其表面有平行的紋理，有可能是因由界面拉起時外力拉扯的結果，其無氣泡的原因有可能是因其過度黏稠。
- (6) 添加甲基纖維素粉末 0.5g 耐綸-66：添加 0.5g 甲基纖維素粉末的耐綸-66 表面也十分平滑，無明顯氣泡，且其紋理淡，其澎潤的現象使產生氣泡的機率降低。

六、複合材料紅外線光譜分析圖樣（請見附件四）

1. 由於此次添加物為醣類，其結構擁有許多官能基，因此我們以紅外線光譜分析 IR 為檢測官能基的方法，同時與原耐綸及原添加物的 IR 逐一比對，以了解添加物在耐綸聚合時的影響。
2. 從 IR 圖譜很明顯可知葡萄糖粉末具有大量的 H₂O 存在，且其-OH 官能基所佔的比例較多，反觀添加葡萄糖的耐綸-66 中，一些特徵吸收改變，可知葡萄糖結構進入聚合過程時已改變了分子結構。

伍 結論與應用




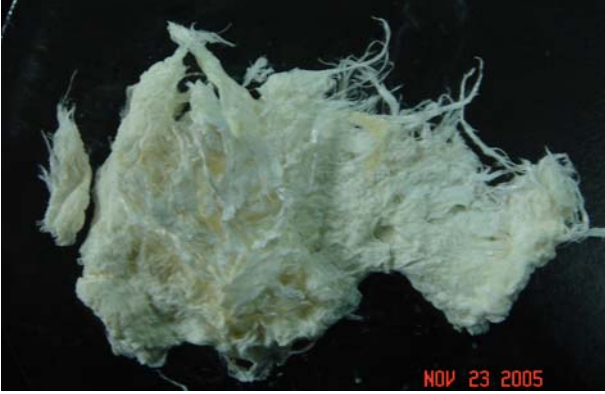
- 一、選擇耐綸-66 是由於基礎化學中課本提及的聚合物質，且耐綸-66 材料運用廣且製作容易，種類多，發展空間大，故以此為研究對象。
- 二、此次實驗中我們以醣類添加物為主，其中又以可溶性澱粉複合程度最高。由於直鏈結構增加接觸面積，並以氫鍵吸引拉近距離，因此添加物較能介入聚合過程，或許這即是市面上可分解性塑膠多以添加澱粉為主的選擇考量。
- 三、由於甲基纖維素本身具有極佳的潤濕性、增稠性和成膜性，其所成膜具有優良的韌性、彎曲度及透明度，因此所複合產生的耐綸材擁最佳的彈性張力；此外甲基的存在提高彈性，故若欲增強塑膠彈性可以考慮此項添加物；若欲增加其分解速率，也可添加之。
- 四、從酸鹼測試中可發現，複合材料之抗酸能力降低。由於本次實驗所選擇的添加物均以醣類為主，在酸性下醣類容易水解、分解，因此此特性使得複合材料在酸性環境中較易進行分解作用，方便回收處理。

- 五、耐綸-66 複合材料經燃燒後形成一皺縮的球狀，期間產生白色煙霧，沒有臭味；以燃燒速率來比較，含有洋菜複合材的燃燒速率最快，其餘均一致，此應與光學顯微鏡所觀察到洋菜複合材中的纖維細絲有關。
- 六、由生物分解實驗可發現，含有添加物的耐綸-66 之分解速率都較無添加物者高，由此可推斷加入醣類確實可以讓分解速率加快。
- 七、在此實驗中，原考慮使用旋轉塗佈機(Spin Coater)在一定的轉速下製作厚度均一的薄膜，但是複合材料雖然可溶解於酸中，但酸溶劑不易揮發，且可能破壞原材料及添加物的結構組成，因此不考慮將複合材料溶於酸中進行塗佈作業；此外，複合材料雖可溶於 m-Cresol、苯酚等有機溶劑中，但是考量有機溶劑毒性的危險，故省去此項考量。
- 八、IR 圖譜顯示，添加物原來水分含量極豐，但是與耐綸複合後水的成分大量減少，顯示官能基-OH 在鍵結時其氫鍵效應將添加物帶入聚合行列中，因此增強了塑膠的韌性及張力。
- 九、這個實驗花費我們不少時間，從過程中漸漸領略到要領及觀察重點，目前正著手嘗試常見的熱固性塑膠—尿素甲醛樹脂，運用同樣的研究方法製作複合材料，並檢測其特性，希望能針對熱塑性及熱固性的特質作一比較。
- 十、由於塑膠的分解作用仍為目前環保問題所趨，因此希望未來能進一步嘗試下列研究發展、應用：
1. 複合材料的結構是否具有規則性，是一值得探討的問題，因此若在儀器及時間許可下，可以利用原子力顯微鏡(AFM)進行複合材料表面偵測，觀察確定其表面現象。
 2. 從生物觀點探索尋找醣類分解酵素，藉由添加醣類分解酵素，觀察複合塑膠的分解情形及分解速率的差異。
 3. 由於最佳分解速率與強度最佳之複合材料的添加物有所不同，如何製作出同時擁有最佳分解速率與最佳強度之複合材料便是未來極具探討價值的議題。

陸 參考文獻

化學化工大辭典 藝軒出版社
高中三年級化學課本 龍騰出版社

附件一

複合材料圖片	外觀及觀察現象
 <p data-bbox="427 651 695 689">無添加物的耐綸-66</p>	<p data-bbox="979 271 1294 309">質地潔白，彈性中等。</p>
 <p data-bbox="408 1037 711 1075">添加葡萄糖的耐綸-66</p>	<p data-bbox="979 703 1422 831">加入葡萄糖的耐綸-66 變得比原本的耐綸-66 透明，但與甲基纖維素比較仍略遜一籌。</p> <p data-bbox="979 846 1426 929">註：烘乾時有焦黃色出現，如圖邊緣部份。</p>
 <p data-bbox="376 1563 743 1601">添加可溶性澱粉的耐綸-66</p>	<p data-bbox="979 1084 1426 1552">添加可溶性澱粉的耐綸-66 比無添加的耐綸-66 質地稍白，且較容易碎裂，已用碘離子測試確認有澱粉質附在耐綸-66 上。加入澱粉的己二胺氫氧化鈉溶液呈凝膠狀。兩液混合產生的界面薄膜較無添加物的對照組來的容易破裂，推測可能是因為可溶性澱粉介入了兩溶液間的聚合反應。</p>
 <p data-bbox="424 2045 695 2083">添加洋菜的耐綸-66</p>	<p data-bbox="979 1615 1422 1794">加入洋菜的耐綸-66 變得比原本無添加物的耐綸-66 透明，在外觀上，與原來的耐綸-66 似乎沒有太大的差異。</p>



添加甲基纖維素的耐綸-66
(甲基纖維素的量為 1g)

在抽絲的過程中發現，加入甲基纖維素的耐綸-66 變得十分透明，黏滯性高，不易斷裂，不易拉成絲，乾燥之後彈性佳。





添加甲基纖維素的耐綸-66
(甲基纖維素的量為 0.5g)

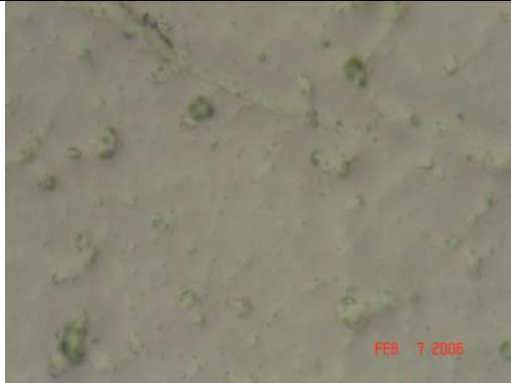
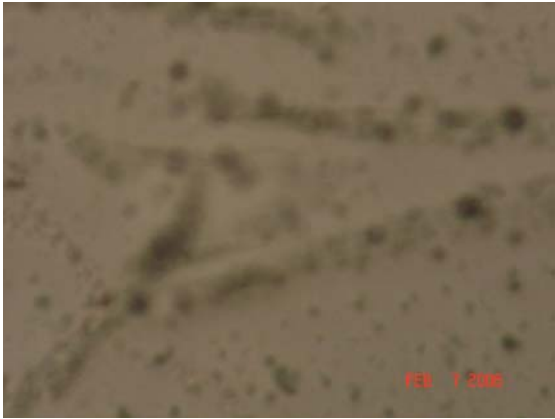
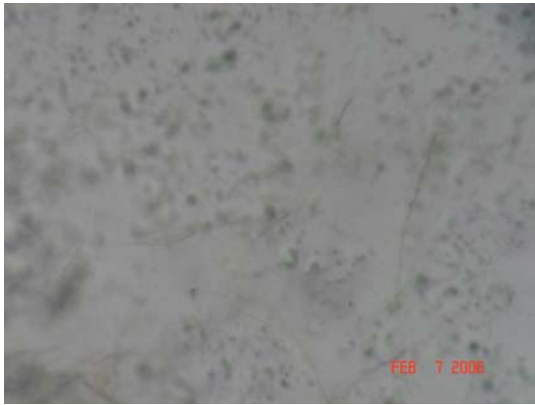

在抽絲的過程中發現，加入 0.5g 甲基纖維素的耐綸-66，在拉絲過程中黏滯性高，但乾燥後不易斷裂，彈性佳，與添加 1g 甲基纖維素比較起來顏色較白。

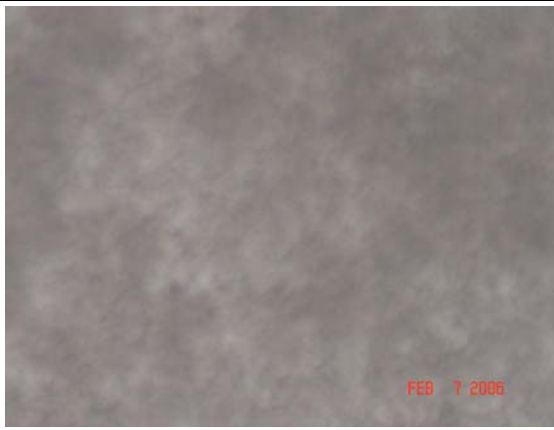
附件二

溶解耐綸-66 圖片及現象：	溶解耐綸-66 觀察的現象：
 <p data-bbox="331 622 598 660">以硫酸溶解耐綸-66</p>	<p data-bbox="790 293 1417 376">硫酸：因為硫酸為無機強酸，考慮到耐綸-66 聚合鍵結的特性易被酸所破壞，故不採用。</p>
 <p data-bbox="236 1010 694 1048">以苯酚溶解含有葡萄糖的耐綸 66</p>  <p data-bbox="172 1393 758 1476">以苯酚溶解含有甲基纖維素的耐綸 66，上為紫黑色液體，下為白色膠體</p>  <p data-bbox="252 1870 678 1908">以苯酚溶解含有洋菜的耐綸 66</p>	<p data-bbox="790 674 1433 1189">苯酚：將 0.1 克的耐綸-66 溶入 25mL 的溶劑中，耐綸-66 溶解呈現出琥珀色的溶液。靜置一日後，除了含甲基纖維素的複合材料仍呈紫黑色液體外，其餘的複合材料皆凝固成固體。再靜置約一星期後，含葡萄糖以及含可溶性澱粉的耐綸-66 複合物顏色轉深，將已凝固的固體樣本加熱熔化，冷卻之後所有樣本以液體溶液形式存在，並沒有變回固體，但其中含可溶性澱粉的耐綸 66 複合樣品卻在一星期後又自動凝固為固體，由於以上諸多複雜的變因，故不採用此溶劑。</p>

 <p>以 Benzyl Alcohol 溶解耐綸 66</p>	<p>Benzyl Alcohol：因為沸點在 200°C 以上，作為溶劑不易揮發，故不採用。</p>
 <p>以 m-Cresol 溶解耐綸 66</p>	<p>m-Cresol：m-Cresol 本身為橙色液體，考慮測試時可能會影響結果，且沸點也在 200°C 以上，故不考慮。</p>
 <p>以甲酸溶解耐綸 66</p>	<p>甲酸：如要製成薄膜，是目前所想到最適合的溶劑，但要如何將其揮發，仍是一個頗為棘手的問題。</p>
<p>無法溶解耐綸 66 複合材料的溶劑</p>	
<p>有機酸類：苯甲酸、乙酸</p>	<p>苯：氯苯</p>
<p>醇類：甲醇、乙醇</p>	<p>烷：二氯甲烷</p>
<p>酮類：丙酮</p>	<p>酚：胺基酚</p>
<p>酯類：乙酸乙脂、苯二甲酸二丁脂</p>	<p>其他：THF、乳酸</p>

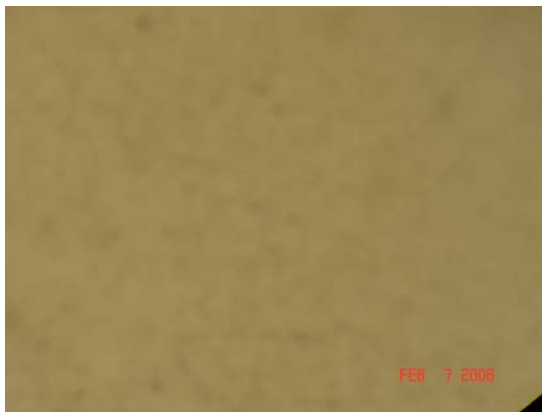
附件三

光學顯微鏡觀察之表面圖片	外觀及觀察現象
 <p data-bbox="341 651 579 689">無添加物耐綸 66</p>	<p data-bbox="799 271 1422 398">無添加物的耐綸 66 上有許多近似圓形的無色顆粒，推測有可能是微小的氣泡；另外，無添加物的耐綸 66 上有一些纖維紋理。</p>
 <p data-bbox="277 1133 644 1171">添加葡萄糖粉末之耐綸 66</p>	<p data-bbox="799 703 1422 786">跟無添加物的耐綸 66 比較，可發現其氣泡較多較密集，且其紋理較不清晰。</p>
 <p data-bbox="277 1615 644 1653">添加可溶性澱粉之耐綸 66</p>	<p data-bbox="799 1184 1422 1361">其紋理與無添加物的耐綸 66 比較，可發現其紋理似乎較深，有近似裂痕的感覺，應是導致無法承受太大拉力，而使得張力為最低的原因。</p>
 <p data-bbox="293 2040 628 2078">添加洋菜粉末之耐綸 66</p>	<p data-bbox="799 1666 1422 1749">可發現添加洋菜粉末的耐綸 66 表面有類似絲狀物的存在。</p>



添加甲基纖維素粉末 1g 耐綸 66

添加 1g 甲基纖維素粉末的耐綸 66 表面十分平滑，無明顯氣泡，但觀察時可發現其表面有平行的紋理，有可能是因由界面拉起時外力拉扯的結果，其無氣泡的原因有可能是因其過度黏稠。

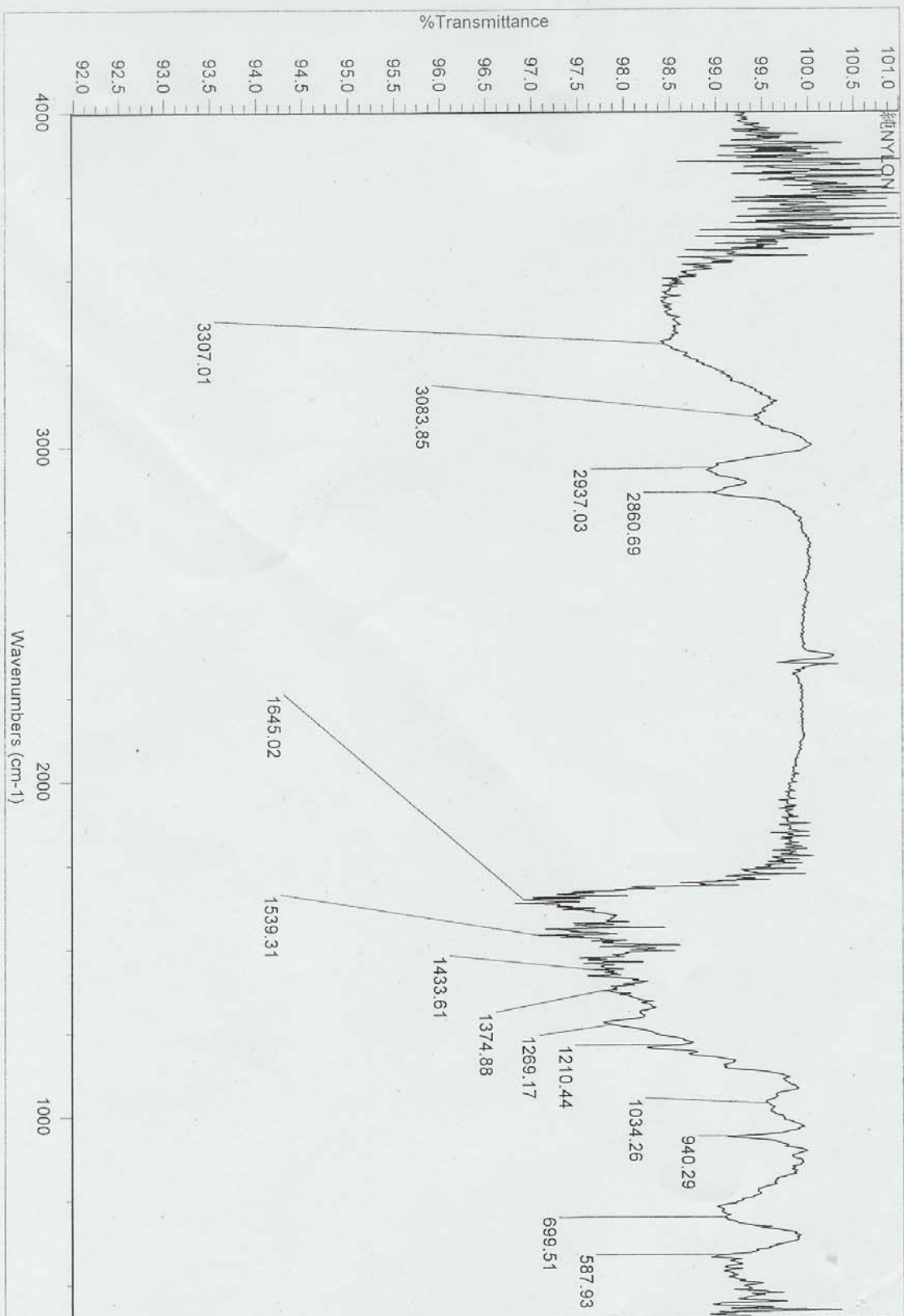


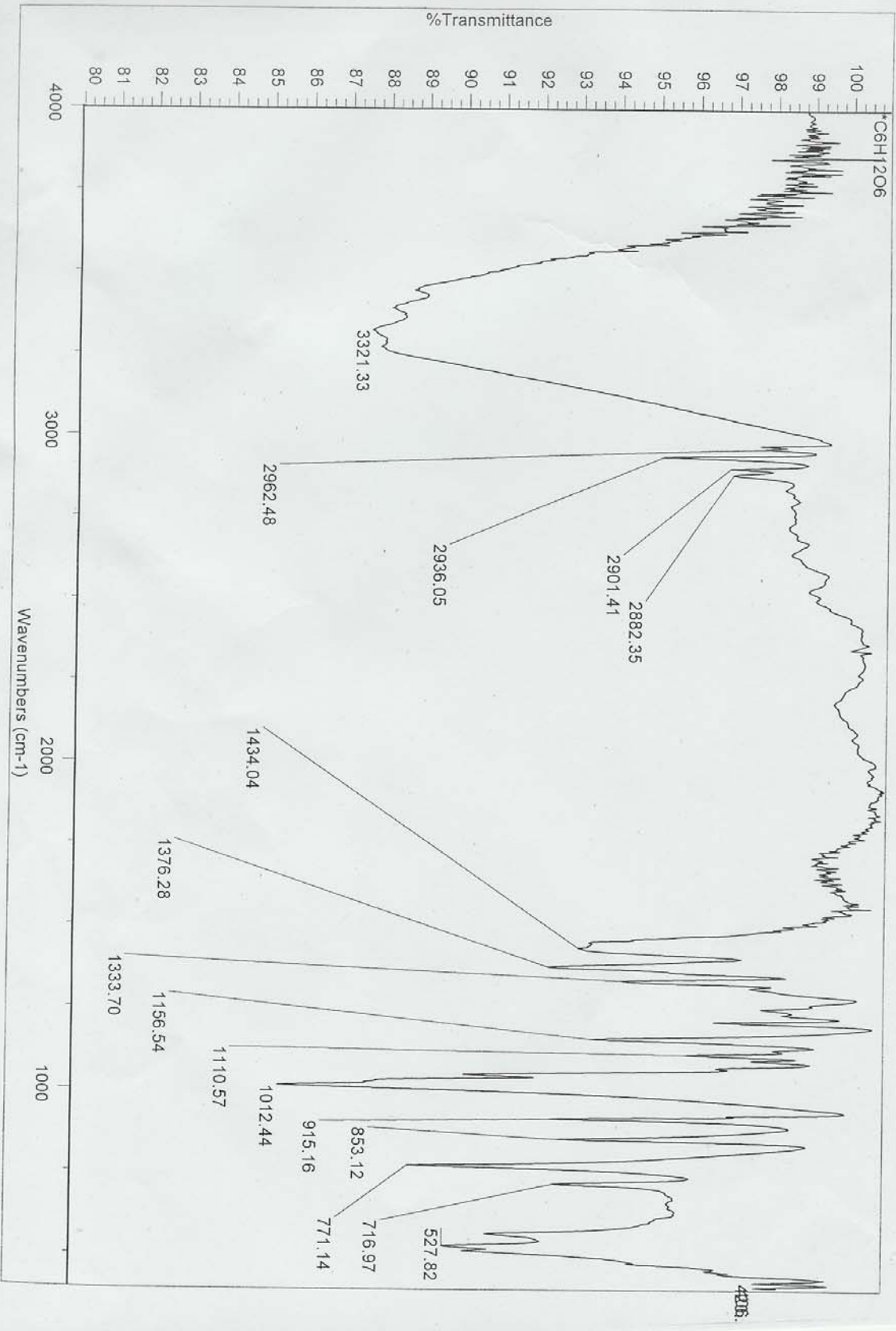
添加甲基纖維素粉末 0.5g 耐綸 66

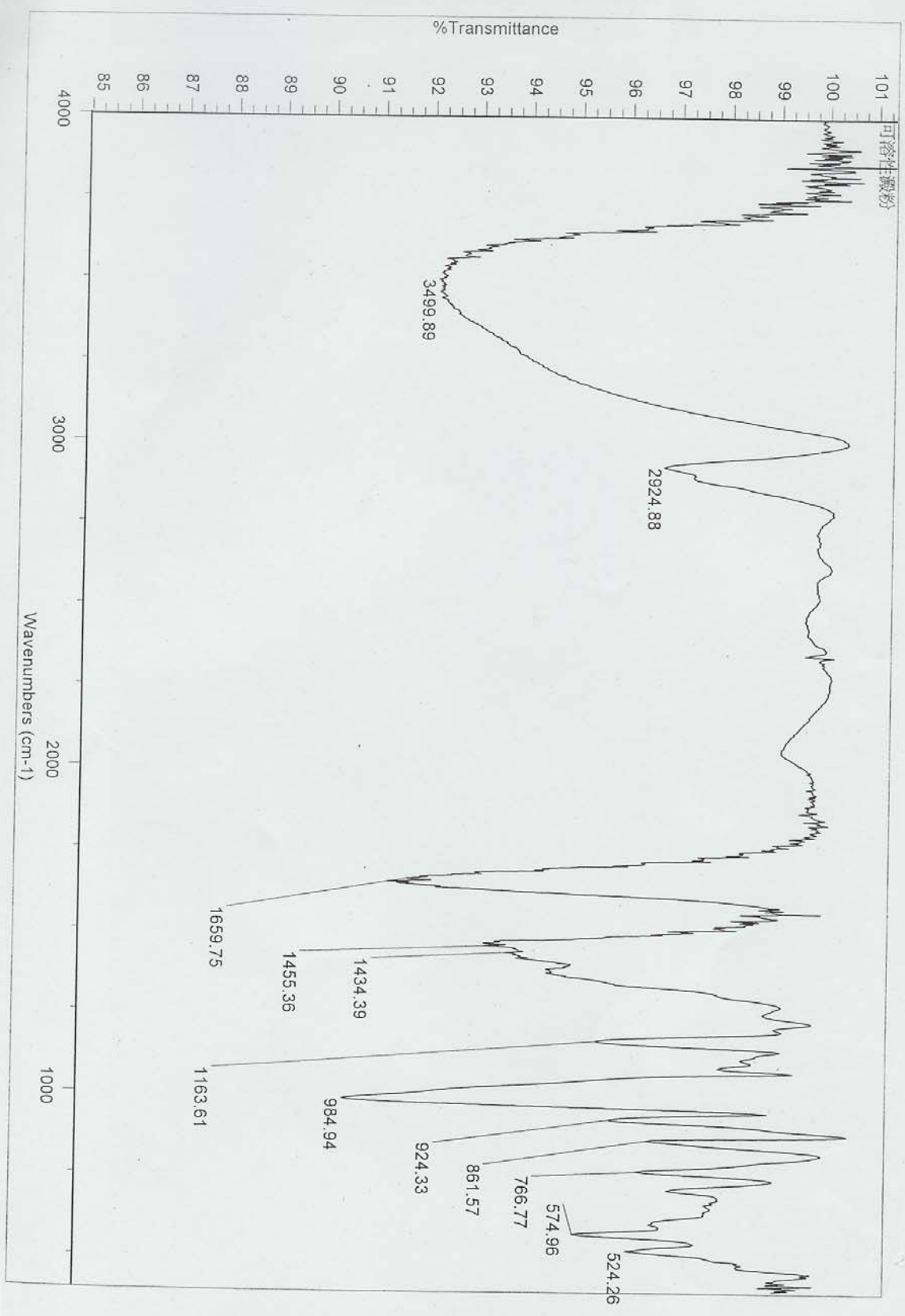
添加 0.5g 甲基纖維素粉末的耐綸 66 表面也十分平滑，無明顯氣泡，且其紋理淡，其澎潤的現象使產生氣泡的機率降低。

附件四

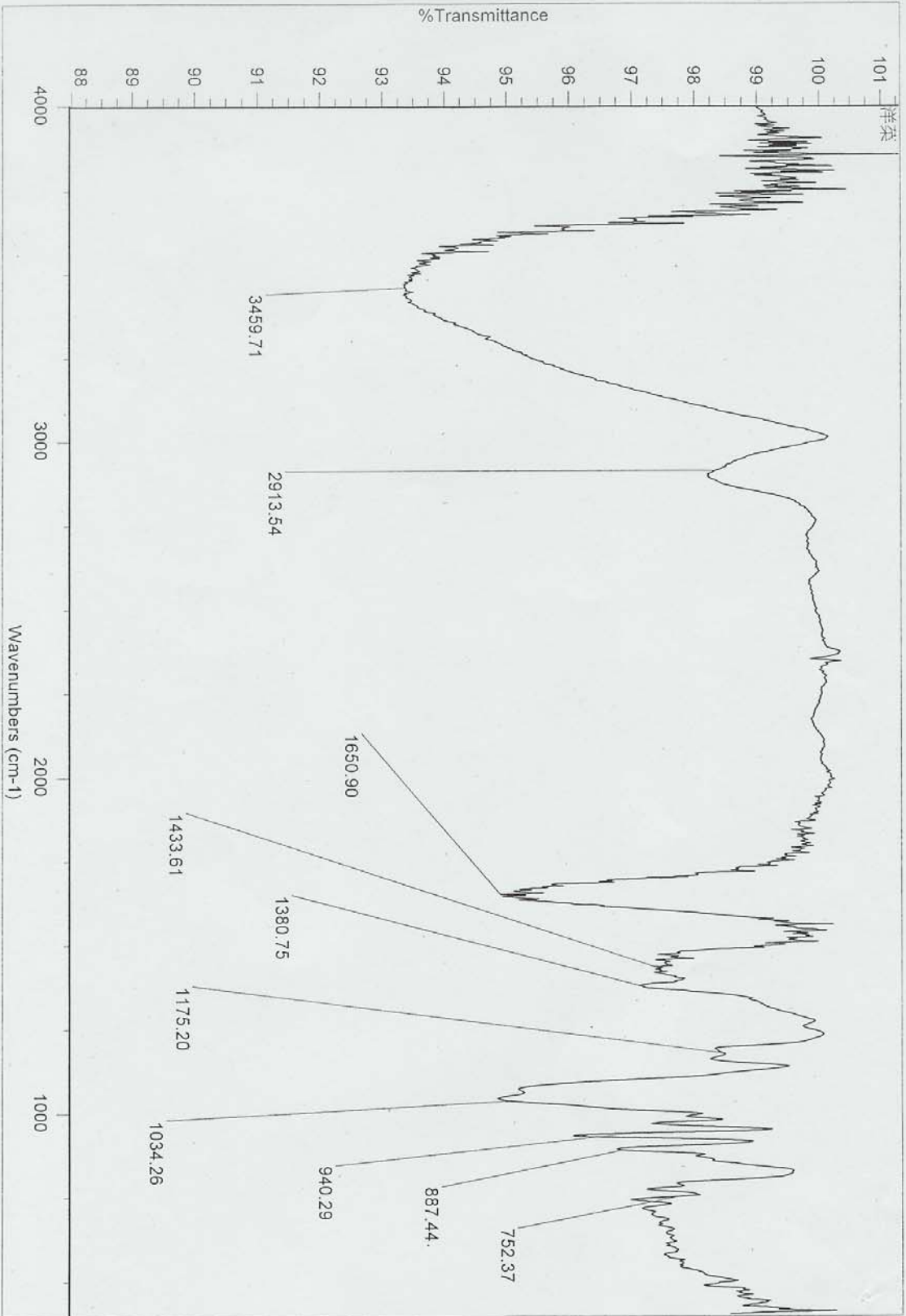
圖編號	IR 圖譜
圖一	純耐綸 IR 分析
圖二	添加物純葡萄糖 IR 分析
圖三	添加物純可溶性澱粉 IR 分析
圖四	添加物純洋菜 IR 分析
圖五	添加物純甲基纖維素 IR 分析
圖六	葡萄糖-耐綸複合材 IR 分析
圖七	可溶性澱粉-耐綸複合材 IR 分析
圖八	洋菜-耐綸複合材 IR 分析
圖九	甲基纖維素-耐綸複合材 IR 分析





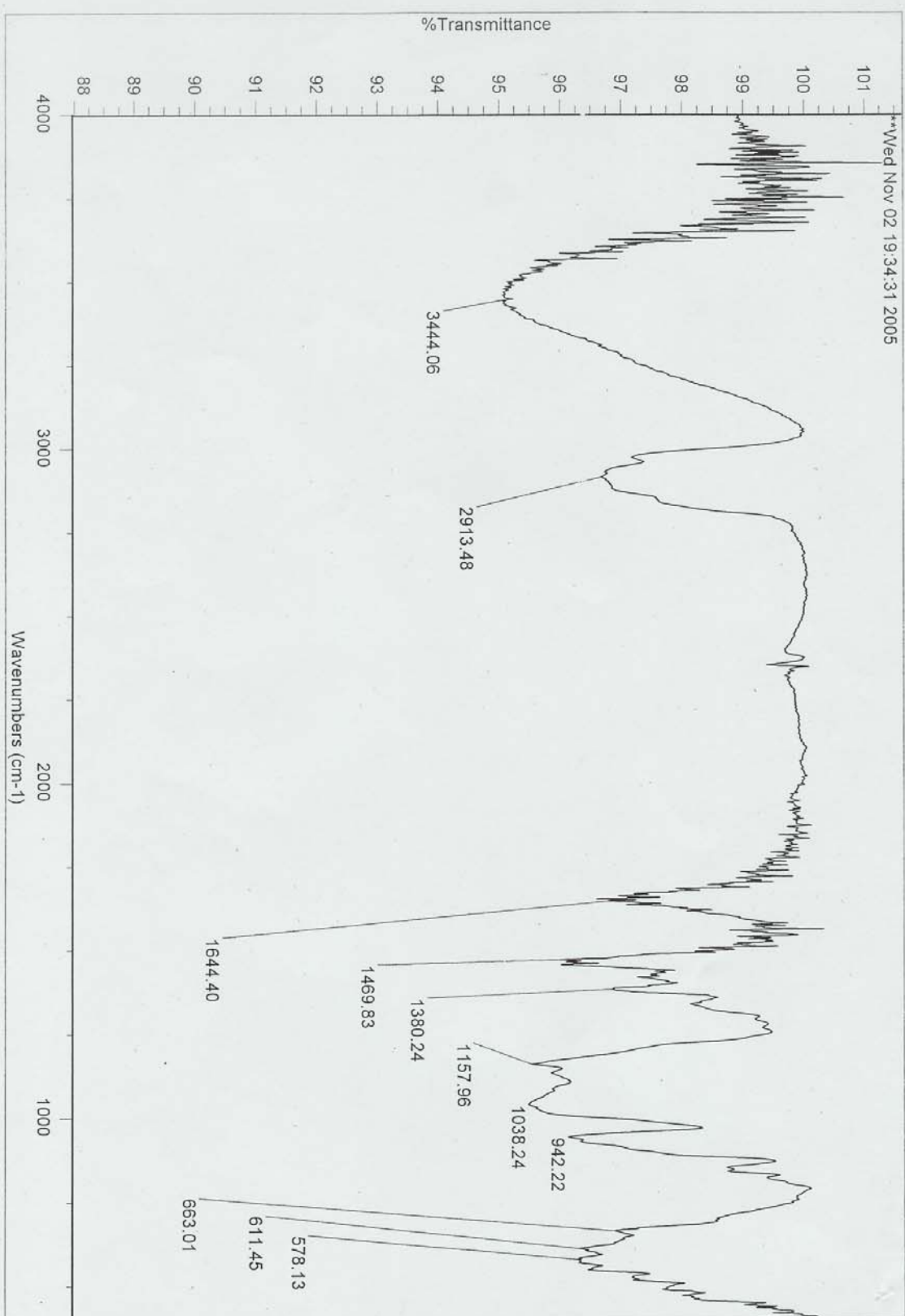


圖〈四〉



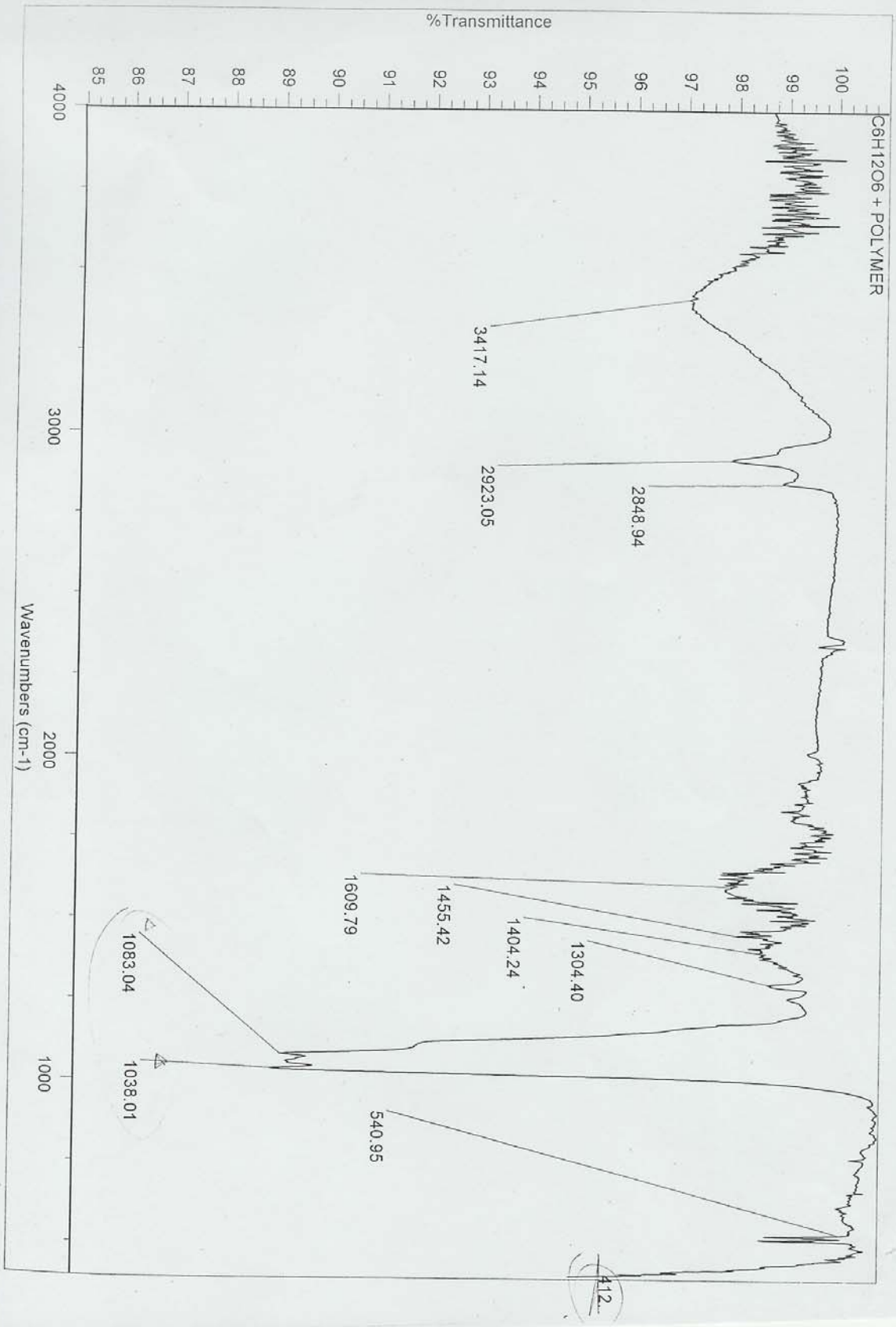
中基纤维素

**Wed Nov 02 19:34:31 2005

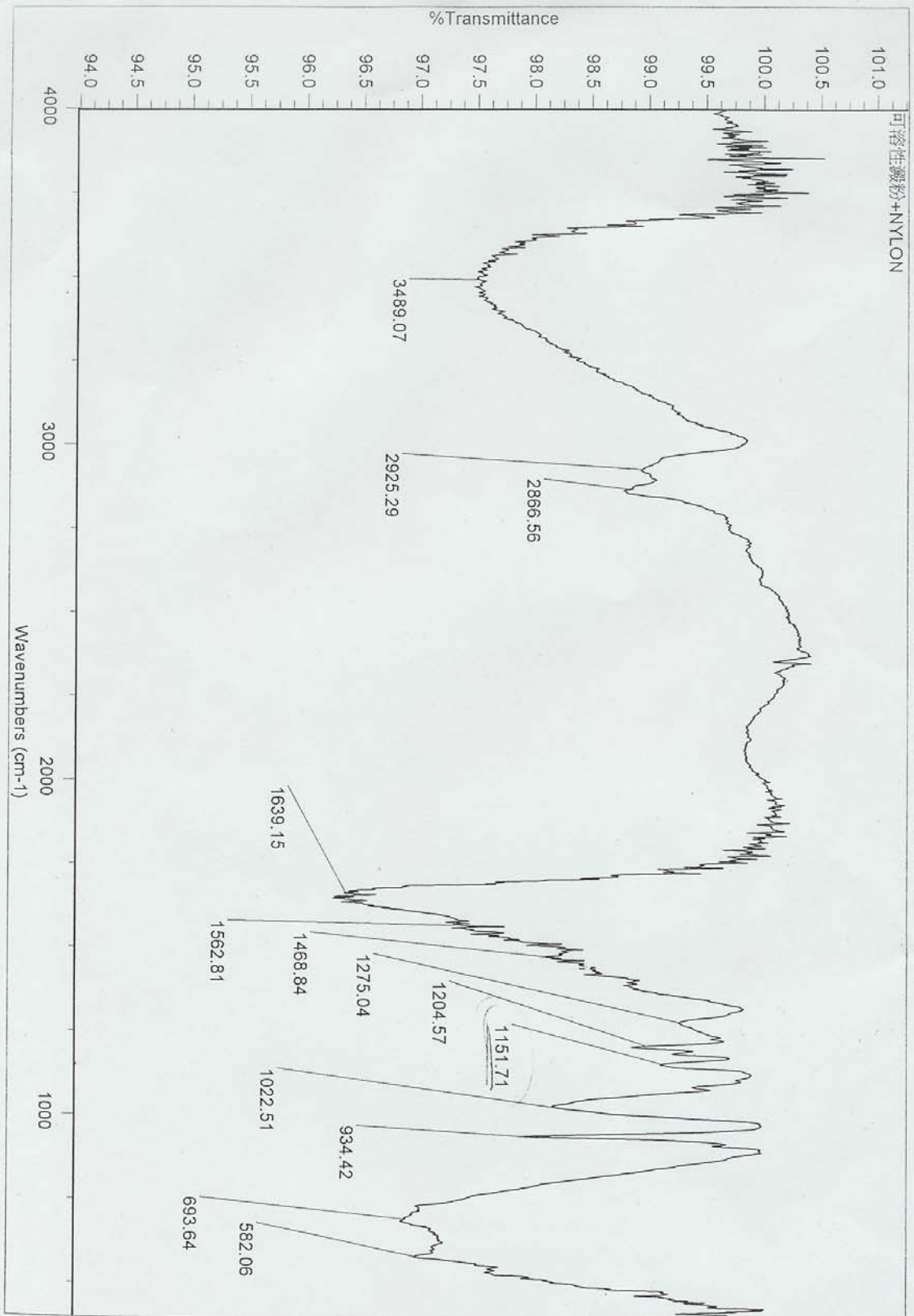


圖〈五〉

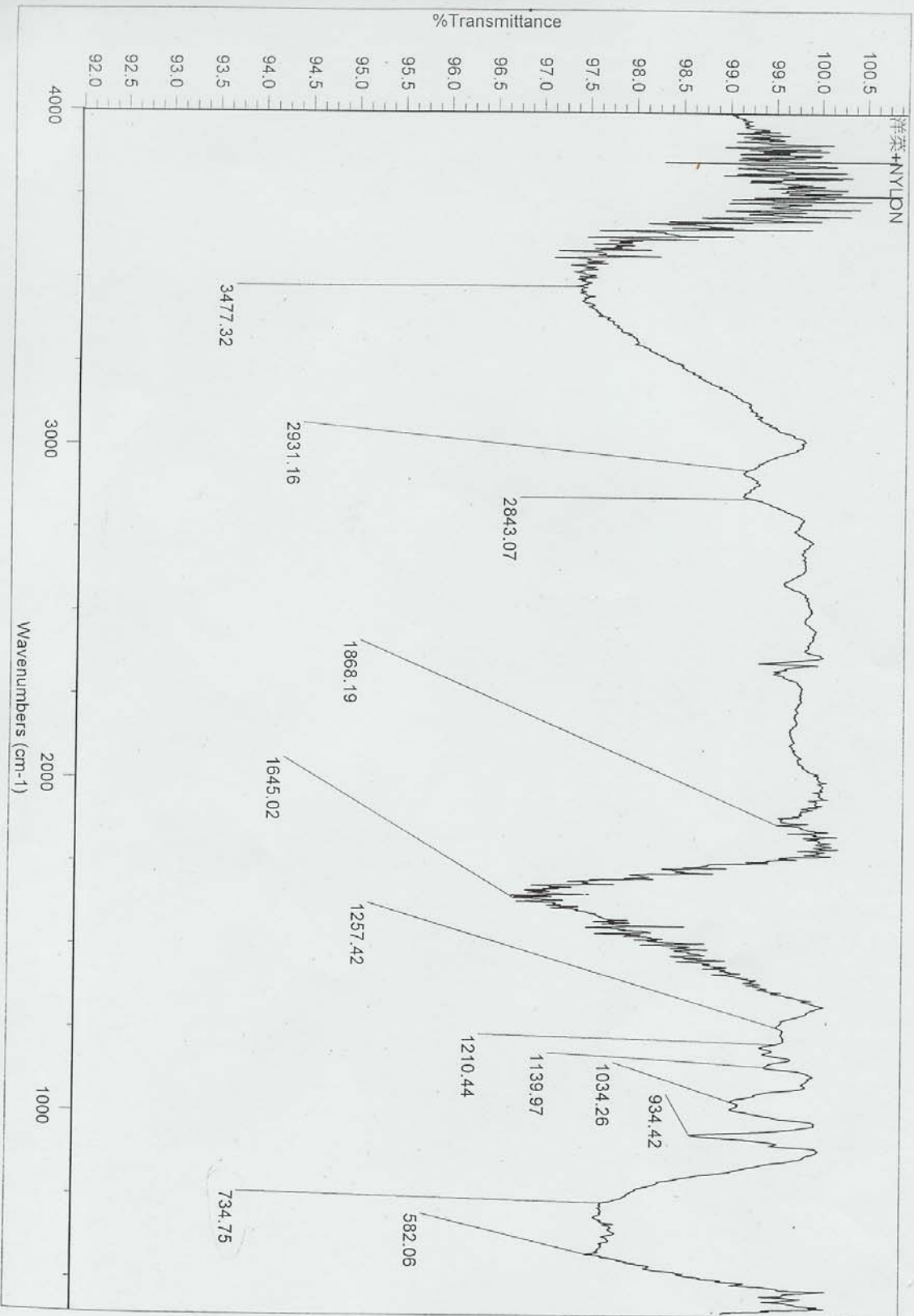
圖〈六〉



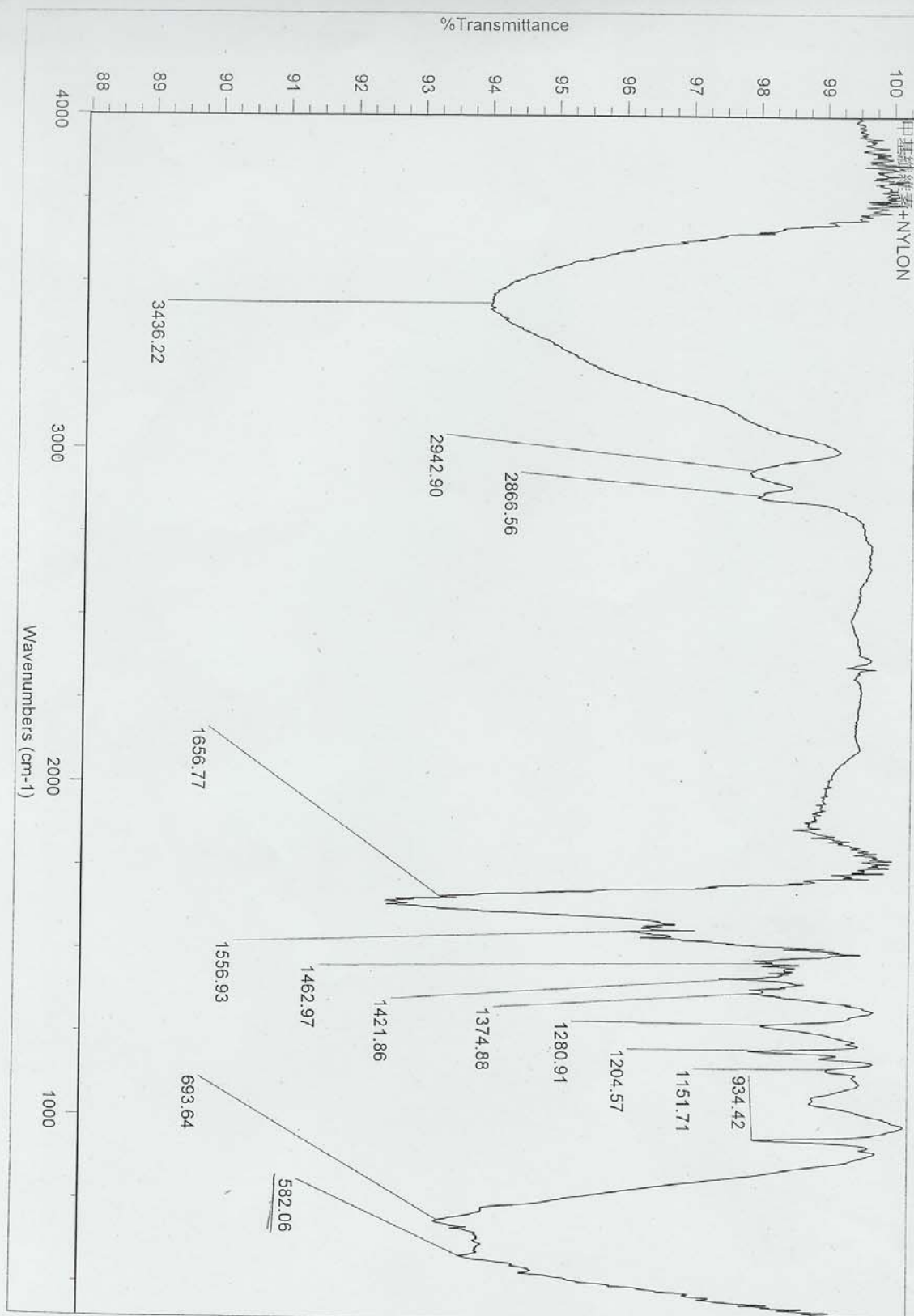
圖〈七〉



圖〈八〉



圖〈九〉



評語

本作品自己引發問題而自己加以解決，在系統的完整，無話可說，所有過程是一良佳的”科學邏輯”之方法教育與訓練。可惜所要解決不具經濟與環保之實用價值比如廣泛被應用的 PE、PVC、塑膠(本例乃舉 Nylon 66)。