



經濟部標準檢驗局 103 年度

自行研究計畫

103BSMI-14

以混合溶劑檢驗紡織品纖維成分之探討

經濟部標準檢驗局臺中分局 編印

中華民國 103 年 12 月 31 日

本報告書僅供政府機關參考，請勿轉載

標準檢驗局臺中分局 103 年度自行研究報告 提要表			填表人：簡志益 填表日期：103.12.31
研究報告名稱	以混合溶劑檢驗紡織品纖維成分之探討		
研究單位 及研究人員	標準檢驗局臺中分局 簡志益、鍾瑞芬	研究 期程	自 103 年 01 月 01 日 至 103 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
紡織品纖維成分檢驗之定性部分（或稱纖維成分鑑定）常用的方式為燃燒試驗法、溶解試驗法、顯微鏡觀察法或紅外線吸收光譜法等，現行紡織品之纖維成分檢驗所依據之檢驗方法為國家標準 CNS2339-1「纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別」，其第 6.8 節規定紅外線吸收光譜測定法分為 A 法（溴化鉀法）與 B 法（薄膜法），惟所需步驟繁雜。纖維成分檢驗中定量部分常用的方式為溶解試驗法，然而部份方法所用之溶劑因毒性較高或具危險性，對檢驗人員之健康形成危害。 本研究嘗試：(1)採用具有簡易、方便及快速的漸減全反射(ATR)紅外線光譜法來收集已知纖維成分的光譜圖並建立圖庫，以增進纖維成分鑑定速率、(2)利用溶劑與聚合體之溶解度參數差異在一定範圍內時，溶劑會溶解聚合體之原理，選定危害性較小的適當溶劑與標準所規定之危害性較高的溶劑，以特定比例配成其溶解度參數值恰可使待檢驗聚合體纖維溶解的混合溶劑，進而減少危害性較高之溶劑使用量。 藉由 Agilent 670 型紅外線光譜儀，本研究已完成之 15 種紡織品纖維的漸減全反射紅外線光譜圖，並於其上的 Resolutions Pro 軟體建立圖庫，以提供紡織品纖維成分之比對用，可作為纖維成分快速定性分析用。 常用於抱枕或枕頭裡布之聚丙烯纖維常被誤標示為聚酯纖維，依據國家標準所使用之纖維成分檢驗方法為沸騰二甲苯之溶解法，由於			

二甲苯其 LD_{50} 為 5251mg/kg (大鼠、吞食) 毒性較高，因此本研究選用毒性較低 LD_{50} 為 >15 g/kg (大鼠、吞食) 的正庚烷，利用溶解度參數之原理，以二甲苯與正庚烷之混合溶劑替代僅以二甲苯為單一溶劑之溶解法來測試混合溶劑溶解聚丙烯纖維的效果，經由配製 6 組不同溶劑比之混合溶劑的溶解試驗，試驗結果顯示採用二甲苯與正庚烷莫爾比 0.1 : 0.9 之混合溶劑，於沸騰時可於 1 分鐘內將聚丙烯完全溶解。對於聚醯胺與聚酯兩種可與聚丙烯混紡的纖維，前述混合溶劑對其之平均溶解損耗分別為 0.83 與 0.78%，亦即修正係數分別為 1.0083 與 1.0078。

本研究雖已建立 15 種紡織品纖維的紅外線光譜圖庫，惟部分纖維如棉、嫘縈、莫代爾纖維及亞麻其化學結構基本上均為纖維素，光譜圖差異不大，直接以光譜圖庫無法比對出正確的纖維成分，尚必須配合燃燒試驗法、溶解試驗法或顯微鏡觀察法才可鑑別出正確之纖維成分。

以聚合物纖維與溶劑兩者之溶解度參數相近時會互溶之原理，可提供選擇適當低毒性之溶劑配成混合溶劑，減少有毒之溶劑的使用量。建議未來可利用前述原理，對於目前國家標準所規定用於溶解聚丙烯腈纖維與改質聚丙烯腈纖維之熱二甲基甲醯胺法，選擇一適當溶劑與其配成混合溶劑，減少毒化物二甲基甲醯胺溶劑的使用，進而減少對檢驗人員之健康危害。

目錄

提要表	I
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	V
第一章 研究動機與研究規劃	1
1-1 研究動機	1
1-2 研究規劃	3
第二章 檢測方法簡介	5
2-1 紡織品纖維成分之檢測方法	5
2-2 紡織品纖維樣品之準備	5
2-3 紅外線光譜法	5
2-3-1 紅外線吸收光譜法	5
2-3-2 紅外線漸減全反射光譜法	6
2-4 溶劑之溶解度參數	9
2-5 溶解試驗	14
2-5-1 器材與試藥	14
2-5-2 試藥之調製	15
2-5-3 聚丙烯纖維之溶解試驗	15
2-5-4 聚醯胺與聚酯纖維之溶解損耗	15
第三章 試驗結果與討論分析	16
3-1 試驗樣品規劃	16
3-1-1 漸減全反射紅外線光譜之紡織品纖維樣品	16
3-1-2 以混合溶劑檢驗紡織品纖維成分所採用之樣品	16
3-2 試驗結果整理	17
3-2-1 紡織品纖維的漸減全反射紅外線光譜之建立	17
3-2-2 溶解聚丙烯纖維之混合溶劑	17
3-2-2-1 二甲苯之溶解度參數	17
3-2-2-2 正庚烷之溶解度參數	17
3-2-2-3 聚丙烯纖維之溶解度參數	18
3-2-2-4 二甲苯與正庚烷混合溶劑之溶解度參數與其之溶解效果	18
3-2-3 聚酯與聚醯胺纖維在沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑(莫爾比 0.1:0.9)之修正係數	19
3-3 結果分析與討論	19
第四章 結論與建議	21
4-1 結論	21
4-2 建議事項	22

參考文獻	23
附錄	25

圖目錄

圖 2-1 Agilent 670 型紅外線光譜儀與 610 型紅外線顯微鏡	8
圖 2-2 Agilent 670 型紅外線光譜儀上之漸減全反射裝置(ATR)	8
圖 2-3 漸減全反射裝置(ATR)量測紡織品	9
圖 A-2-1 聚丙烯纖維 (Polypropylene) 光譜圖	A-2-2
圖 A-2-2 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖	A-2-2
圖 A-2-3 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖	A-2-2
圖 A-2-4 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖	A-2-2
圖 A-2-5 螺縐纖維 (Rayon) 光譜圖	A-2-3
圖 A-2-6 莫代爾纖維 (Modal) 光譜圖	A-2-3
圖 A-2-7 尼龍纖維 (Nylon) 光譜圖	A-2-3
圖 A-2-8 聚醋酸纖維 (Acetate) 光譜圖	A-2-3
圖 A-2-9 棉纖維 (Cotton) 光譜圖	A-2-4
圖 A-2-10 棉纖維 (Cotton) 光譜圖	A-2-4
圖 A-2-11 羊毛纖維 (Wool) 光譜圖	A-2-4
圖 A-2-12 羊毛纖維 (Wool) 光譜圖	A-2-4
圖 A-2-13 亞麻纖維 (Flax) 光譜圖	A-2-5
圖 A-2-14 亞克力纖維 (Acrylic) 光譜圖	A-2-5
圖 A-2-15 亞克力纖維 (Acrylic) 光譜圖	A-2-5
圖 A-3-1 聚丙烯之溶解效果照片	A-3-2
圖 A-3-1 第 6 組聚丙烯之溶解效果照片 (並未溶解)	A-3-2

表目錄

表 1-1 主要纖維消費量	2
表 2-1 紡織品纖維成分之檢測方法	5
表 2-1 常用溶劑之溶解度參數	11
表 2-2 常用聚合物之溶解度參數	12
表 2-3 常見官能基的莫耳吸引力常數	13
表 3-1 採用之 15 種紡織品纖維樣品	16
表 3-2 聚丙烯纖維在沸騰之二甲苯與正庚烷混合溶劑的溶解效果	19
表 3-3 聚酯與聚醯胺纖維在沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑中之修正係數	19
表 A-1-1 二甲苯與正庚烷之混合溶劑詳細配比	A-1-2

第一章 研究動機與研究規劃

1-1 研究動機

食、衣、住、行、育、樂，為老百姓日常生活所需的要務，其中第二要務「衣」之主要構成材料為紡織品。雖然用於紡織品之纖維總類很多，惟近期發現用於枕頭或抱枕之裡布或枕心之表布的聚丙烯不織布纖維常有誤標示為聚酯纖維之情形。

聚丙烯纖維 (Polypropylene fiber) 具有以下突出優點：易於加工、密度小（為棉的 80%、聚酯的 65%）、化學性質穩定、抗黴抗菌、吸水率低、原料來源豐富以及價格便宜。雖然也有諸如染色差、易塑性形變、抗回彈不足等缺陷，惟透過技術改性這些問題將會得到顯著改善。但由於聚丙烯纖維具有前述優異的性能，廣泛用於非織造布、服裝面料、地毯絲、醫療手術用品、民間衛生用品等各產業領域。

聚丙烯纖維工業化生產開始於 1957 年，自 1980 年以來，世界聚丙烯纖維年平均成長率為 12%，1990 年佔世界主要人造纖維產量的 8.5%，2000 年世界聚丙烯纖維產量大約 57% 用於產業用紡織品領域、2% 用於衣著方面、另 41% 則用於裝飾方面；在 2000 年其於工業技術領域的應用上，將以 8.7% 的成長速度上升，在衣著用領域它的需求成長率約為 4%，2000 年其消費量達到 385 萬噸，至 2010 年需求量占全世界用量人造纖維產量的 13.4%，達到 586.5 萬公噸，詳細

列於表 1-1。

表 1-1 主要纖維消費量

項 目 / 年 度		消費量 (萬噸)			平均年成長率 (%)	
		1990	2000	2010	1990~2000	2000~2010
尼 龍	絲	311	356	400	1.4	1.2
	棉	73	52.5	37.5	-3.2	3.3
聚 酯	絲	392	1073	1680	10.6	4.6
	棉	462	855	1106.5	6.4	2.6
亞克力纖維		231	263.5	297	1.3	1.2
纖維素纖維		321	268.5	260	-1.8	-0.3
聚丙烯纖維		167.5	385	586.5	8.7	4.3
羊 毛		175	138	120	-2.3	1.4
棉花、其他天然纖維		1900	1940	2122.5	0.2	0.9
合 計		4032.5	5331.5	6610	2.8	2.2

資料來源：Tecnon；紡資所 ITIS 計畫整理 2011.06

由於國家標準中規定以溶解法檢驗聚丙烯纖維成分含量之溶劑為二甲苯，由物質安全資料表 (MSDS) 知其 LD₅₀ 為 5251 mg/kg (大鼠、吞食)、LC₅₀ 為 6350ppm/4H (大鼠、吸入)，短期或長期間地暴露於含高濃度二甲苯的環境中，可能導致頭痛、肌肉缺乏協調性、頭暈、神智不清和平衡感的變化。短期內暴露於高濃度的二甲苯，也可能導致皮膚、眼睛、鼻子和喉嚨過敏，還有呼吸困難、肺部問題、記憶困難，以及肝臟和腎臟產生變化，甚至是死亡。

依據以往之檢驗結果得知，紡織品之纖維成分檢驗與其標示的纖維成分兩者不一致之案件比例偏高，纖維成分檢驗中定性部分（或稱纖維成分鑑定）常用的方式為燃燒試驗法、溶解試驗法、顯微鏡觀察

法或紅外線吸收光譜法等。

現行紡織品之纖維成分檢驗所依據之標準為 CNS2339-1「纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別」，其第 6.8 節規定紅外線吸收光譜測定法分為 A 法（溴化鉀法）與 B 法（薄膜法），惟所需步驟繁雜。

而纖維成分檢驗中定量部分常用的方式為溶解試驗法，然部份試驗方法所用溶劑因毒性較高或具危險性，對檢驗人員之健康形成危害。

本研究嘗試：(1) 採用具有簡易、方便及快速的漸減全反射 (attenuated total reflectance, ATR) 紅外線光譜法來收集已知纖維成分的光譜圖並建立圖庫，以增進纖維成分鑑定速率、(2) 利用溶劑與聚合體之溶解度參數差異在一定範圍內時，溶劑會溶解聚合體之原理，選定危害性較小的適當溶劑與標準所規定之危害性較高之溶劑，以特定比例配成其溶解度參數值恰可使待檢驗聚合體纖維溶解的混合溶劑，進而減少危害性較高之溶劑使用量。

1-2 研究規劃

本次專題研究進行方式，首先是收集一些用於紡織品的不同類纖維，以 CNS2339-1「纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別」與 CNS 2339-2「纖維混用率試驗法—第 2 部：纖維混用率」規定的燃燒試驗

法、溶解試驗法或顯微鏡觀察等方法，確認其纖維成分與含量百分比，再以漸減全反射紅外線光譜法掃描前述收集的纖維之光譜圖並建立圖庫，作為纖維成分鑑定用之定性方法。

然後選定近期用於抱枕或枕頭裡布，常被誤標示為聚酯纖維的聚丙烯纖維作為測試用纖維。由於二甲苯其 LD_{50} 為 5251mg/kg（大鼠、吞食）毒性較高，因此選用毒性較低 LD_{50} 為 >15 g/kg（大鼠、吞食）的正庚烷，利用溶解度參數之原理，以二甲苯與正庚烷之混合溶劑替代國家標準所規定僅以二甲苯為單一溶劑之溶解法來測試混合溶劑溶解聚丙烯纖維的效果。

最後，探討前述混合溶劑對聚醯胺與聚酯纖維之溶解損失或修正係數，並根據前述實驗之結果，提出可行之建議方案，以改善目前所用的檢驗分析方法。

第二章 檢測方法簡介

2-1 紡織品纖維成分之檢測方法

表 2-1 整理出目前國家標準 (CNS)、美國紡織化學師與印染師協會 (AATCC) 及美國材料試驗協會 (ASTM) 等國際上有關紡織品纖維成分之檢測方法。

表 2-1 紡織品纖維成分之檢測方法

方法編號	標準名稱	發行日期
CNS 2339	纖維混用率試驗法	76.10.23
CNS 2339-1	纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別	102.10.15
CNS 2339-2	纖維混用率試驗法—第 2 部：纖維混用率	102.10.15
AATCC 20A-2008	Fiber Analysis : Quantitative	2008
ASTM D276-00a	Standard Test Methods for Identification of Fiber in Textiles	2008
ASTM D629-99	Standard Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles	2006

2-2 紡織品纖維樣品之準備

本次專題研究所採用之紡織品樣品係收集實踐大學設計管理學院服裝設計系章以慶教授所著「認識織品—市售布料實物」附錄之紡織品樣品，以及由標準檢驗局臺中分局臺中港口辦事處所取樣回來之進口紡織品經檢驗確定纖維成分後之樣品。

2-3 紅外線光譜法

2-3-1 紅外線吸收光譜法

紅外線光譜分析法量測紡織品纖維樣品之光譜是決定纖維種類

之常用有效方法之一，現行國家標準中 CNS 2339-1「纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別」第 6.8 節所規定之纖維鑑別方法為紅外線吸收光譜測定法，依其對纖維樣品之前處理方式又可分為：A 法（溴化鉀法）與 B 法（薄膜法）。

其中 A 法（溴化鉀法）係取粉碎細度 53~74 μm 之溴化鉀粉末，以 120~150 $^{\circ}\text{C}$ 加熱烘乾 24 小時後，放入乾燥皿中冷卻。再取約 2~4 mg 纖維與約 400 mg 溴化鉀乾燥粉末混合置於瑪瑙研鉢中，於乾燥狀況下磨細混合。將此混合粉末約 200 mg 放入粒片成型器內，一面以真空泵排氣，一面以 19.6~39.23 MPa 之壓力，約經 5~10 分鐘製成粒片，並依 CNS 13150「紅外線分光光度分析法通則」之規定量測其紅外線吸收光譜。

B 法（薄膜法）則將纖維樣品溶解於適當的溶劑後，置於蒸發皿上，使其流動蒸發。然後再以真空方式乾燥或加熱乾燥（以不會導致式樣分解之溫度）。小心剝取薄膜，避免破損，再依 CNS13150「紅外線分光光度分析法通則」之規定量測其紅外線吸收光譜，雖然有 A 與 B 法兩種方法惟其處理過程繁瑣使用起來非常不方便。

2-3-2 紅外線漸減全反射光譜法

當一幅射光束從密介質進入疏介質時，會發生反射現象。隨著入

射角增大時，入射光的反射率增加，超過某一臨界角時會完全反射。經由理論和實驗證實，在反射過程中，光束事實上是進入疏介質一小段距離才發生反射。穿透的深度從小於 1 個波長到幾個波長間，是依波長、兩物質的折射率，和光束與介面的角度而定，穿透的輻射稱為幻波 (evanescent wave)。如果疏介質吸收幻波輻射，光束會在有吸收譜帶的波長處調減，此現象稱為漸減全反射或調減全反射 (attenuated total reflectance, ATR)。

漸減全反射光譜與普通吸收光譜相似卻不完全相同。一般而言，相同的吸收峰可被觀察到，但其相對強度則不同。吸收度雖然依入射角而定但與樣品厚度無關，因為輻射只進入樣品數個微米而已。漸減全反射光譜最主要的優點，就是各種樣品只須最少的前處裡就可以取得吸收光譜，絲線紡紗、紡織品和纖維等樣品壓在稠晶體上即可量測其光譜，糊狀物、粉末和懸浮物也可依同法處裡。漸減全反射光譜法已被應用在許多物質，例如聚合體、橡膠，和其他固體。

本研究先以前節所列之纖維樣品經過烘箱烘乾冷卻後，再以紅外線光譜儀量測其漸減全反射光譜，所採用之傅立葉轉換紅外線光譜儀與顯微鏡係採用 Agilent 公司之 670 型光譜儀與 610 型顯微鏡，該儀器配有漸減全反射裝置 (ATR) 與顯微鏡用漸減全反射裝置 (Micro ATR)，詳見圖 2-1~2-3。

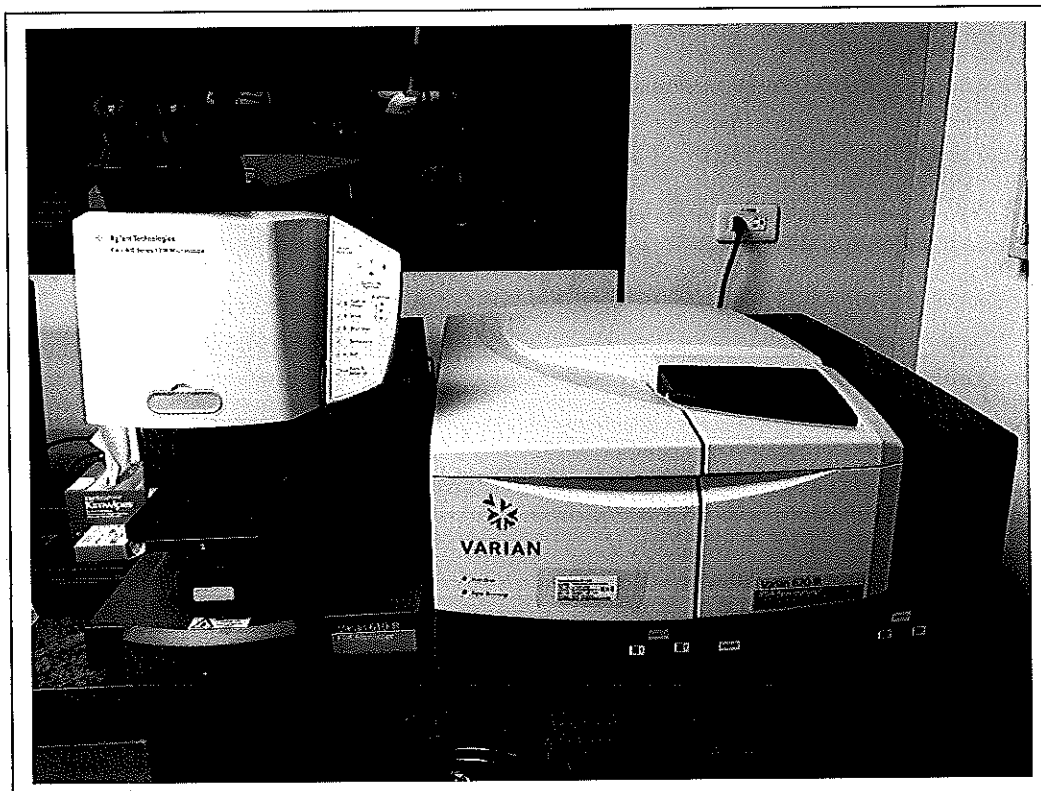


圖 2-1 Agilent 670 型紅外線光譜儀與 610 型紅外線顯微鏡



圖 2-2 Agilent 670 型紅外線光譜儀上之漸減全反射裝置(ATR)



圖 2-3 漸減全反射裝置(ATR)量測紡織品

2-4 溶劑之溶解度參數

紡織品一般最主要是由纖維所構成，而纖維為聚合物之一種，鑑定纖維的最常用方法之一為溶解法，試驗纖維成分含量百分比最普遍的亦為溶解法，其一般原則為「相似的溶解相似的（like dissolve like）」，惟這個原則並非定量的表示法。

有關定量的預測聚合物溶解的方法，油漆界曾發展一套經驗式的定量參數來處理溶解度的問題，Kauri 所發展的丁醇值(butanol value)和苯胺點(aniline point)法，至今仍被 ASTM (American Society of Testing Materials) 視為一標準的試驗方法，這兩種方法均是量測溶劑

的相對芳香性 (aromaticity)，但其值均可轉變為溶解度參數的值。

(1) 丁醇值 (butanol value) 法：將測試溶劑加入由 Kauri-Copal 樹脂和 1-丁醇 (1-butanol) 所組成的標準溶液中時，產生渾濁 (turbidity) 所須的最小測試溶劑體積量，便是這溶劑之丁醇值。

(2) 苯胺點 (aniline point) 法：當苯胺和同體積的測試溶劑達到完全互溶時之最低溫度，便稱為苯胺點。

一般而言，聚合物在溶劑中之溶解過程是一種緩慢的程序，可以分為兩階段。首先，溶劑分子慢慢擴散進入聚合物使其成為澎潤的凝膠 (gel)，倘若聚合物由於交聯、結晶或有強氫鍵結使得其分子間作用力甚強時，溶解只能進行至此一階段。但是，若聚合物與溶劑間之吸引力能夠克服上述聚合物分子間之吸引力，則溶解的第二階段可以發生，此時凝膠將崩潰形成溶液。

一種溶劑對於聚合物而言是否為好的溶劑，必須從動力學與熱力學兩方面來考慮，動力學上的好溶劑是指能夠使聚合物快速溶解的溶劑，熱力學上的好溶劑是指聚合物與溶劑之間能夠形成強烈的交互作用。

熱力學上指出，一種溶劑是否為好溶劑必須由其自由能的變化來判斷。在溶解過程中，自由能的變化 ΔG 為

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

其中 ΔH 與 ΔS 分別為溶解過程中焓值 (enthalpy) 及熵值 (entropy) 之變化，惟有 ΔG 為負值，溶解才可發生。式中 ΔH 可為正值，亦可為負值。但是 ΔS 必為正值，因為此時為溶質、溶劑混合的狀態，其熵值較純溶劑為大。對聚合物而言，分子鏈愈長，在溶液中排列的方式受到愈大的限制，因此 ΔS 變化較小。所以，對相同聚合物而言，分子量增大，溶解度降低。

由上式可知，定溫下聚合物之溶解與其焓值的變化 ΔH 有極大的關係，而 ΔH 的變化又與溶質及溶劑的溶解度參數 (solubility parameter) δ 之值有關。

$$\Delta H = \phi_1 \phi_2 (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (2-1) \text{ 式}$$

式中， ϕ 為體積分率，下標 1 及 2 分別代表溶劑與聚合物。一般而言， δ_1 與 δ_2 之值可查表得知，表 2-1 與表 2-2 為常用溶劑與聚合物之溶解度參數。

表 2-1 常用溶劑之溶解度參數

具弱氫鍵溶劑 (δ_p)		具中等強度氫鍵溶劑 (δ_m)		具強氫鍵溶劑 (δ_s)	
1. 氫	3.0	28. 硝基乙烷	12.7	52. 二乙基胺	8.0
2. 二甲基矽烷	5.5	29. 二異丙醇	8.9	53. 正戊胺	8.7
3. 二氯二氣甲烷	5.5	30. 二乙醚	7.4	54. 二乙基乙醇	9.6
4. 乙烷	6.0	31. 異戊異戊醇	7.8	55. 異戊醇	10.0
5. 第三戊烷	6.3	32. 二異丁醇	7.8	56. 飽和	10.1
6. 戊烷	6.9	33. 二正丙醇	7.8	57. 間甲酚	10.2
7. 硝基正辛烷	7.0	34. 醇酸第二丁醇	8.2	58. 苯胺	10.3
8. 正戊烷	7.0	35. 醇酸異丙醇	8.4	59. 正辛醇	10.3
9. 正辛烷	7.6	36. 甲基戊基醇	8.5	60. 三級丁醇	10.6
10. 松節油	6.1	37. 丁醇	9.0	61. 正戊醇	10.9
11. 環乙烷	6.2	38. 醇酸乙酯	9.0	62. 正丁醇	11.4
12. 異丙基	6.2	39. 甲氧乙基醇	9.3	63. 異丙醇	11.5
13. 一氣二氣甲烷	6.3	40. 丁基異基醇	9.5	64. 二乙醇	12.1
14. 雙戊烷	9.5	41. 醇酸丙	9.5	65. 糖醇	12.5
15. 四氫化碳	8.6	42. 二氣乙基醇	9.8	66. 乙醇	12.7
16. 正丙基	8.8	43. 丙醇	9.6	67. N-乙基甲酰胺	13.9
17. 對氯甲苯	9.8	44. 二氣丙醇	10.0	68. 甲醇	14.6
18. 十氯素	8.8	45. 醇酸丙	10.4	69. 乙二醇	14.6
19. 二甲苯	8.8	46. 賽爾素 (cellosolve)	10.5	70. 丙二醇	16.5
20. 苯	9.2	47. N,N-甲基乙酰胺	10.8	71. 水	23.4
21. 苯乙烷	9.3	48. 糖醇	11.2		
22. 四氯素	9.4	49. N,N-二甲基甲酰胺	12.1		
23. 氯化苯	9.5	50. 1,2-戊基醇酸	13.3		
24. 1,2-二氣乙烷	9.8	51. 乙醇酸醇	14.7		
25. 對二氯苯	10.0				
26. 硝基甲酯	11.1				
27. 氯甲酯	11.9				

表 2-2 常用聚合物之溶解度參數

聚合體	δ_r	δ_a	δ_t
1. 鐵氟龍	5.3-6.4		
2. 酯膠	7.0-10.6	7.4-10.8	9.5-10.9
3. 醇酸 45 %, 豆油	7.0-11.1	7.4-10.8	9.5-11.8
4. Silicone DC- 1107	7.0-9.5	9.3-10.8	9.5-11.5
5. 聚乙炔乙醚	7.0-11.0	7.4-10.8	9.5-14.0
6. 聚丙烯酸丁酯	7.0-12.5	7.4-11.5	
7. 聚甲基丙烯酸丁酯	7.4-11.0	7.4-10.0	9.5-11.2
8. Silicone DC- 23	7.5-8.5	7.5-8.0	9.5-10.0
9. 聚異丁烯	7.5-8.0	—	—
10. 聚乙炔	7.7-8.2	—	—
11. Gilsonite	7.9-9.5	7.8-8.5	—
12. 聚乙炔丁基	7.8-10.6	7.5-10.0	9.5-11.2
13. 天然橡膠	8.1-8.5	—	—
14. Hypalon 20	8.1-9.8	8.4-8.8	—
15. 乙炔纖維	8.1-11.1	7.4-10.8	9.5-14.5
16. 氯化橡膠	8.5-10.6	7.8-10.8	—
18. Versamid 100	8.5-10.6	7.8-10.0	9.5-10.9
19. 聚苯乙烯	8.5-10.6	8.5-8.9	9.5-11.4
20. 聚醋酸乙烯	8.5-10.6	9.1-9.4	—
21. 聚氯乙炔	8.5-9.5	—	—
22. 酚醛樹脂	8.5-11.0	7.8-10.5	—
23. Butan (丁二烯 - 丙烯 腈共聚合物)	8.5-11.5	7.8-13.2	9.5-13.6
24. 聚甲基丙烯酸甲酯	8.7-9.3	—	—
25. carbowax 4000 (聚環氧乙炔)	8.9-12.7	8.5-13.3	—
26. Thiokol (聚乙炔硫)	8.9-12.7	8.5-14.5	9.5-14.5
27. 聚碳酸酯	9.0-10.0	—	—
28. polyolite P- 1230	9.5-10.6	9.5-10.0	—
29. Mylar (聚苯二甲基二乙炔)	9.5-10.6	—	—
30. 氯乙炔 - 醇酸共聚合物	9.5-11.0	9.3-9.9	—
31. 聚除基酸甲酯	9.5-11.0	7.8-13.0	—
32. 苯乙炔 - 丙炔共聚合物	9.8-10.3	—	—
33. Vinsol (松脂衍生物)	10.6-11.1	9.4-9.8	—
34. Epoh 1001 (環氧樹脂)	10.6-11.8	7.7-13.0	9.5-12.5
35. Shellac	10.6-11.1	8.5-13.3	—
36. 聚甲基丙炔腈	—	10.0-11.0	9.5-14.0
37. 醇酸纖維素	—	10.6-11.0	—
38. 醇酸纖維素	11.1-12.5	10.0-14.5	—
39. 聚丙炔腈	11.1-12.5	8.0-14.5	12.5-14.5
40. 聚乙炔醇	—	12.0-14.0	—
41. 酚酸 - 66 (聚己炔己二硫胺)	—	—	12.0-13.0
42. 纖維素	—	—	13.5-15.0
			14.5-16.5

Joel H. Hildebrand 提出溶解度參數的概念，以內聚能密度 (Cohesive energy density, CED) 來表示分子於液相中相互鍵結之作用力強度。Hildebrand Solubility Parameter(δ)之定義為內聚能密度之平方根，不同物質之溶解度參數越相近，相溶性越好。 δ 之表示式如下：

$$\delta = (\text{CED})^{1/2} = (\Delta E/V)^{1/2} = [(\Delta H_v - RT)/V]^{1/2} = [D \times (\Delta H_v - RT)/M]^{1/2} \quad (2-2) \text{ 式}$$

其中CED為內聚能密度、 ΔE 為汽化時，液體莫耳內能變化、 V ：分子之莫耳體積、 ΔH_v 為莫耳汽化熱、 RT 為分子由液體轉為氣所需要之膨脹功、 D 為密度、 M 為分子量。

若無表可查，則可用 Small 莫耳吸引力常數 (molar attraction constant) 來預測非極性聚合體之溶解度參數，其方程式為：

$$\delta_2 = D \times \Sigma G / M \quad (2-3) \text{ 式}$$

其中 G 值為分子中各官能基的莫耳吸引力常數， D 為聚合物的密度， M 為聚合物重複單位的式量，常見官能基的莫耳吸引力常數列於表 2-3。

表 2-3 常見官能基的莫耳吸引力常數

原 子 團	G 值 $[(\text{cal cm}^3)^{1/2} \text{mol}^{-1}]$
$-\text{CH}_3$	214
$>\text{CH}_2$	133
$>\text{CH}$	28
$-\text{C}-$	-93
$=\text{CH}_2$	190
$=\text{CH}-$	111
$=\text{C} <$	19
$\text{HC} \equiv \text{C}-$	285
苯基 (phenyl)	735
亞苯基 (phenylene)	658
$-\text{H}$	80-100
$-\text{C} \equiv \text{N}$	410
F 或 Cl	250-270
Br	340
$>\text{CF}_2$	150
$-\text{S}-$	225

對於混合溶劑之溶解度參數 δ_{sn} ，可以下式估計：

$$\delta_{sn} = (X_1 V_1 \delta_1 + X_2 V_2 \delta_2) / (X_1 V_1 + X_2 V_2) \quad (2-4) \text{ 式}$$

式中，X 與 V 分別為成分 1 與成分 2 的莫耳分率及莫耳體積。

綜合上述，當溶劑之溶解度參數接近於聚合物之溶解度參數時， $\Delta H \rightarrow 0$ ，聚合物應可溶解。一般而言，

$$|\delta_1 - \delta_2| < 0.5 \sim 1.0 \text{ 或更低 (cal/cm}^3)^{1/2} \quad (2-5) \text{ 式}$$

則聚合物與溶劑可互溶，但是事實不盡然如此。Burrell 指出溶解度參數並不是相容性唯一的貢獻因子，氫鍵可能修正或甚至改變其溶解度的預測，一般溶劑依據其氫鍵強度可分列類如下：

(1) 強氫鍵溶劑：

(2) 中等氫鍵溶劑：

(3) 弱氫鍵溶劑：

因此，某些聚合物即使與溶劑有相近之溶解度參數，亦不易溶解。相反地，有些聚合物可溶解於強氫鍵與中等氫鍵兩種溶劑中，這些均是由於氫鍵因素所造成的影響。

2-5 溶解試驗

2-5-1 器材與試藥：

(a) Extra Pure Reagent 等級之二甲苯 (Xylene) 溶劑 (聯工化學廠出品)。

- (b) 正庚烷 (n-Heptane) 之溶劑 (J.T. Baker 公司出品)。
- (c) 250mL 三角燒瓶。
- (d) 200mL 燒杯。
- (e) 滴管。

2-5-2 試藥之調製：

分別取總質量 50 克之不同重量比 (莫爾比) 二甲苯與正庚烷之溶劑，配成混合溶劑作為測試用溶劑，詳細配比列於附錄 A-1。

2-5-3 聚丙烯纖維之溶解試驗：

精秤 6 塊質量約 0.5 克之聚丙烯纖維，分別置於前述由二甲苯與正庚烷以不同莫爾比配成之沸騰混合溶劑中，紀錄聚丙烯纖維完全溶解所需時間並算出混合溶劑之溶解度參數。

2-5-4 聚醯胺與聚酯纖維之溶解損耗：

分別取約 0.1~0.3 克聚酯與聚醯胺纖維，置於 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱加熱，取出放入玻璃乾燥器中放冷後，精確稱重。再放入約 50 克煮沸的二甲苯與正庚烷混合溶劑 (莫爾比 0.1:0.9) 中 10 分鐘，取出以水清洗，再置於 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱加熱後，取出放入玻璃乾燥器中放冷，最後精稱重量，再算出聚酯與聚醯胺纖維於煮沸的二甲苯與正庚烷混合溶劑中之溶解損耗或修正係數。

第三章 試驗結果與討論分析

3-1 試驗樣品規劃

3-1-1 漸減全反射紅外線光譜之紡織品纖維樣品

本研究以收集的 15 種常用紡織品之纖維，作為漸減全反射紅外線光譜法建立光譜圖庫之樣品，其纖維樣品列於表 3-1。

表 3-1 採用之 15 種紡織品纖維樣品

編號	纖維中文名稱	纖維英文名稱	備註
01	聚丙烯纖維	Polypropylene	
02	聚酯纖維	Polyester	
03	聚酯纖維	Polyester	
04	聚酯纖維	Polyester	
05	嫻縐纖維	Rayon	
06	莫代爾纖維	Modal	
07	尼龍纖維	Nylon	
08	聚醋酸纖維	Acetate	
09	棉纖維	Cotton	
10	棉纖維	Cotton	
11	羊毛纖維	Wool	
12	羊毛纖維	Wool	
13	亞麻纖維	Flax	
14	亞克力纖維	Acrylic	
15	亞克力纖維	Acrylic	

3-1-2 以混合溶劑檢驗紡織品纖維成分所採用之樣品

本次研究所採用之紡織品纖維為最近常用於枕頭或抱枕之裡布或枕心之表布的聚丙烯不織布纖維，以及睡袋表布常用的聚酯纖維與聚醯胺纖維。

3-2 試驗結果整理

3-2-1 紡織品纖維的漸減全反射紅外線光譜之建立

本研究所完成之 15 種紡織品纖維的漸減全反射紅外線光譜圖列於附錄 A-2，該光譜圖已利用台中分局之 Agilent 670 型紅外線光譜儀上的 Resolutions Pro 軟體所提供之自建圖庫功能，將前述 15 種紡織品纖維的光譜圖納入自建的圖庫中，藉以提供紡織品纖維成分之比對用，可作為纖維成分快速定性分析用。

3-2-2 溶解聚丙烯纖維之混合溶劑

聚丙烯纖維以不同莫爾比之沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑溶解時，兩種溶劑之溶解度參數可分別由表 2-1 查得或 (2-2) 式推算而得，其混合溶劑之溶解度參數與混合溶劑之溶解效果列於表 3-2。

3-2-2-1 二甲苯之溶解度參數

由於二甲苯屬於極弱氫鍵溶劑，其溶解度由表 2-1 查得為 8.8H。

3-2-2-2 正庚烷之溶解度參數

正庚烷亦屬極弱氫鍵之溶劑，惟表 2-1 並未列出該溶劑之溶解度參數，因此可用 (2-2) 式推算而得，公式為 $\delta = [D \times (\Delta H_v - RT)/M]^{1/2}$ ，其中：

正庚烷之莫爾蒸發熱 ΔH_v 為 8700 cal

密度 D 為 0.68 g cm^{-3}

分子量 M 為 100

因此，可算出溶解度參數 $\delta = [0.68 \times (8700 - 1.987 \times 298) / 100]^{1/2} = (55.1 \text{ cal cm}^{-3})^{1/2} = 7.4 \text{ H}$ 。

3-2-2-3 聚丙烯纖維之溶解度參數

由於表 2-1 並未列出聚丙烯之溶解度參數，因此可用 Small 之莫爾吸引力常數亦即 (2-3) 式來預測，公式為 $\delta = D \times \Sigma G / M$ ，其中：

聚丙烯之密度 D 為 0.905 g cm^{-3}

聚合體分子鏈中包含有 CH 、 CH_2 和 CH_3 等基，由表 2-3 查得其莫爾吸引力常數分別為 28、133 及 214

分子鏈重複單位之式量 M 為 42

因此，可算出溶解度參數 $\delta = 0.905 \times (28 + 133 + 214) / 42 = 8.1 \text{ H}$

3-2-2-4 二甲苯與正庚烷混合溶劑之溶解度參數與其之溶解效果

聚丙烯纖維以 6 組不同莫爾比之沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑予以溶解，其溶解度參數與溶解效果列於表 3-2，照片列於附錄 A-3，其中混合溶劑之溶解度參數係依公式 2-4 計算。

表 3-2 聚丙烯纖維在沸騰之二甲苯與正庚烷混合溶劑的溶解效果

組號	莫爾比	成分編號	成分名稱	重量 (g)	莫爾數 (gmol)	溶解度參數 δ (H)	溶解效果
1	1.00 : 0.00	1	二甲苯	50.00	0.47	8.8	馬上溶解
		2	正庚烷	0.00	0.00		
2	0.75 : 0.25	1	二甲苯	38.03	0.36	8.3	馬上溶解
		2	正庚烷	11.97	0.12		
3	0.50 : 0.50	1	二甲苯	25.70	0.24	8.0	馬上溶解
		2	正庚烷	24.30	0.24		
4	0.25 : 0.75	1	二甲苯	13.05	0.12	7.8	馬上溶解
		2	正庚烷	36.95	0.37		
5	0.10 : 0.90	1	二甲苯	5.27	0.05	7.5	45 秒後溶解
		2	正庚烷	44.73	0.45		
6	0.00 : 1.00	1	二甲苯	0.00	0.00	7.4	不溶解
		2	正庚烷	50.00	0.50		

3-2-3 聚酯與聚醯胺纖維在沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑（莫爾比 0.1 : 0.9）之修正係數

聚酯與聚醯胺纖維在煮沸的二甲苯與正庚烷混合溶劑中之溶解損耗或修正係數，列於表 3-3。

表 3-3 聚酯與聚醯胺纖維在沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑中之修正係數

纖維名稱	組號	置於煮沸混合溶劑前之重量 (g)	置於煮沸混合溶劑 10 分鐘並烘乾冷卻後之重量 (g)	溶解損耗 (%)	平均溶解損耗 (%)	修正係數
聚醯胺	1	0.1829	0.1815	0.77	0.83	1.0083
	2	0.1127	0.1117	0.89		
聚酯	3	0.2423	0.2403	0.83	0.78	1.0078
	4	0.3423	0.2398	0.73		

3-3 結果分析與討論

1、以漸減全反射紅外線光譜法所得之光譜圖，已建立於 Agilent 670

型紅外線光譜儀上的 Resolutions Pro 軟體之自建圖庫區，可做為

紡織品纖維成分之比對用，提高快速定性分析用。此種漸減全反射紅外線光譜法所得之光譜圖較 CNS2339-1「纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別」第 6.8 節所規定之紅外線吸收光譜測定法—A 法（溴化鉀法）與 B 法（薄膜法）具有簡易、方便及快速，且免去繁雜之前處理與前置作業之優點。

2、使用莫爾比 0.1：0.9 之煮沸二甲苯與正庚烷混合溶劑時，混合溶劑與聚丙烯纖維重量比為 100：1 時，聚丙烯纖維在 1 分鐘內可完全溶解，較 CNS2339-1「纖維混用率試驗法—第 2 部：纖維混用率」第 6.2.36 節規定之「二甲苯煮沸法」全部採用二甲苯溶劑，具有大幅減少毒性較高的二甲苯使用量之優點。

3、使用莫爾比 0.1：0.9 之沸騰二甲苯與正庚烷混合溶劑作為聚丙烯之纖維成分鑑定用溶劑時，倘有聚醯胺與聚酯纖維共同存在於紡織品中（例如混紡時），其平均溶解損耗分別為 0.83 與 0.78%，換言之其修正係數分別為 1.0083 與 1.0078。

第四章 結論與建議

前文討論的一些主要結論彙整如下：

4-1 結論

- 1、雖然本研究已完成之 15 種紡織品纖維的漸減全反射紅外線光譜圖，並於 Agilent 670 型紅外線光譜儀上的 Resolutions Pro 軟體建立圖庫，惟部分纖維如棉、嫻縐、莫代爾纖維及亞麻其化學結構基本上均為纖維素，紅外線光譜圖差異不大，直接以光譜圖庫無法比對出正確的纖維成分，尚必須配合燃燒試驗法、溶解試驗法或顯微鏡觀察法才可鑑別出正確之纖維成分。
- 2、沸騰二甲苯法為 CNS2339-2 所規定用於鑑別聚丙烯纖維之溶劑，惟採用二甲苯與正庚烷莫爾比 0.1：0.9 之混合溶劑，於沸騰時亦可於 1 分鐘內將聚丙烯完全溶解，正庚烷對聚丙烯雖然無直接溶解作用，但在少量（0.1 莫爾）二甲苯存在下，卻具有促進混合溶劑溶解聚丙烯之能力，這種能促進他溶劑之溶解能力者（二甲苯），稱為潛溶劑（Latent solvent）。本次研究所得的二甲苯與正庚烷莫爾比 0.1：0.9 之混合溶劑除可有效溶解聚丙烯纖維外，對於聚醯胺與聚酯兩種纖維之溶解損耗亦不大，透過修正係數的回算，可應用於聚丙烯纖維與聚醯胺或聚酯兩種纖維的混紡材料上。

4-2 建議事項

- 1、本次研究已完成之 15 種紡織品纖維的紅外線光譜圖並建立圖庫，惟尚缺部分種類之纖維，建議持續收集其他纖維，以燃燒試驗法、溶解試驗法或顯微鏡觀察法確定纖維成份後，掃描成光譜圖並納入圖庫。
- 2、熱二甲基甲醯胺法為 CNS2339-2 所規定用於溶解聚丙烯腈纖維與改質聚丙烯腈纖維之方法，惟二甲基甲醯胺法（DMF）為環保署所公佈之毒性化學物質，為減少該溶劑之使用，可參考本研究之方法選擇一適當溶劑使其與二甲基甲醯胺法配成混合溶劑，混合後之溶解度參數與欲溶解（或分析）聚合物纖維的溶解度參數，兩者相差在 0.5~1.0 以內且混合溶劑與聚合物纖維的極性相當，進而找出適當的溶劑比，藉此可減少二甲基甲醯胺溶劑的使用，建議可作為未來探討之議題。

參考文獻

CNS 國家標準、AATCC 或 ASTM 檢驗方法部分

- 1.CNS 2339 纖維混用率試驗法、經濟部標準檢驗局、中華民國 76 年 10 月 23 日。
- 2.CNS 2339-1 纖維混用率試驗法—第 1 部：纖維鑑別、經濟部標準檢驗局、中華民國 102 年 10 月 15 日。
- 3.CNS 2339-2 纖維混用率試驗法—第 2 部：纖維混用率、經濟部標準檢驗局、中華民國 102 年 10 月 15 日。
- 4.CNS 13150 紅外線分光光度分析法通則、經濟部標準檢驗局、中華民國 81 年 12 月 28 日。
5. AATCC 20A-2008, Fiber Analysis : Quantitative, 2008.
6. ASTM D276-00a, Standard Test Methods for Identification of Fiber in Textiles, 2008.
7. ASTM D629-99, Standard Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles, 2006.

其他資料

1. 薛敬和，高分子化學，高立圖書有限公司，中華民國 72 年 7 月 15 日，pp.76-84。
2. 薛敬和，高分子化學實驗法，高立圖書有限公司，中華民國 75 年 1 月 15 日，pp.507-508。
3. 王宗栢、謝達華、何國賢，聚合物合成與鑑定法，台灣復文興業股份有限公司，中華民國 84 年 4 月，pp.9-18。
4. 王明光、王敏昭、實用儀器分析，國立編譯館，中華民國 82 年 6 月，pp.335-366。
5. 李匡邦、許東明、何東英，光譜化學分析，揚智文化事業股份有限公司、中華民國 86 年 9 月，pp.263-277。
6. 賀校雍，儀器分析，曉園出版社，中華民國 74 年 10 月，pp.264-320。
7. 林敬二審譯，儀器分析（上冊），美亞書版股份有限公司，pp.356-400。
8. 翁瑞裕編譯、曹軍曼校訂，紅外線光譜分析法，高立圖書公司，中華民國 90 年 1 月 10 日，pp.102-104。
9. 陳守一譯，紅外線光譜分析法在化學、生物和工業方面之應用，國立編譯館，中華民國 85 年 8 月，pp.419-426。
10. 涂漢欽，工業分析暨實驗，正文書局，中華民國 88 年 9 月 1 日，pp.488-509。
11. 柯清水，石油化學概論，正文書局，中華民國 69 年 1 月 1 日，pp.251-256。
12. 楊思廉，工業化學概論，五洲出版社，中華民國 70 年 9 月，pp.290-365。
13. 王振華，化學工業概論，三民書局，中華民國 86 年 8 月，pp.405-495。
14. 章以慶，認識織品—市售布料實物，實踐大學設計管理學院服裝設計系，中華民國 85 年 4 月 10 日，pp.57-67；pp.193-247。
15. 鍾盈、阮若屈、陳文逸，合成胜肽鏈中保護胺基酸之溶解度參數測定，碩士論文，國立中央大學化學工程與材料工程系碩士班，中華民國 100 年 7 月，pp.21-34。
16. James F. Shackelford (1985), Introduction to Materials Science for Engineers, Macmillian Publishing Company, New York. pp.350-366.
17. Iwao Teraoka (2002), Polymer Solutions: An Introduction to Physical Properties, JOHN WILEY & SONS, INC., pp.107-108.

附錄：

- A-1 二甲苯與正庚烷之混合溶劑詳細配比
- A-2 15 種紡織品纖維的紅外線光譜圖
- A-3 聚丙烯之溶解效果照片

A-1 二甲苯與正庚烷之混合溶劑詳細配比

表 A-1-1 二甲苯與正庚烷之混合溶劑詳細配比

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	1.00	122.74	8.8	122.740	1080.112	106.17	106.1700	50.0000
2	正庚烷	n-Heptane	0.00	146.49	7.4	0.000	0.000	100.2	0.0000	0.0000
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						122.740	1080.112		106.1700	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							8.8			

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	0.90	122.74	8.8	110.466	972.101	106.17	95.5530	45.2545
2	正庚烷	n-Heptane	0.10	146.49	7.4	14.649	108.403	100.2	10.0200	4.7455
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						125.115	1080.504		105.5730	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							8.6			

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	0.75	122.74	8.8	92.055	810.084	106.17	79.6275	38.0347
2	正庚烷	n-Heptane	0.25	146.49	7.4	36.623	271.007	100.2	25.0500	11.9653
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						128.678	1081.091		104.6775	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							8.4			

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	0.25	122.74	8.8	30.685	270.028	106.17	26.5425	13.0504
2	正庚烷	n-Heptane	0.75	146.49	7.4	109.868	813.020	100.2	75.1500	36.9496
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						140.553	1083.048		101.6925	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							7.7			

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	0.10	122.74	8.8	12.274	108.011	106.17	10.6170	5.2665
2	正庚烷	n-Heptane	0.90	146.49	7.4	131.841	975.623	100.2	90.1800	44.7335
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						144.115	1083.634		100.7970	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							7.5			

成分編號	成分名稱		X	V	δ	XV	XV δ	M	W	Wi
1	二甲苯	Xylene	0.00	122.74	8.8	0.000	0.000	106.17	0.0000	0.0000
2	正庚烷	n-Heptane	1.00	146.49	7.4	146.490	1084.026	100.2	100.2000	50.0000
$\Sigma(XV)$ 或 $\Sigma(XV \delta)$						146.490	1084.026		100.2000	50.0000
$\Sigma(XV \delta)/\Sigma(XV)$							7.4			

A-2 15 種纖維之光譜圖

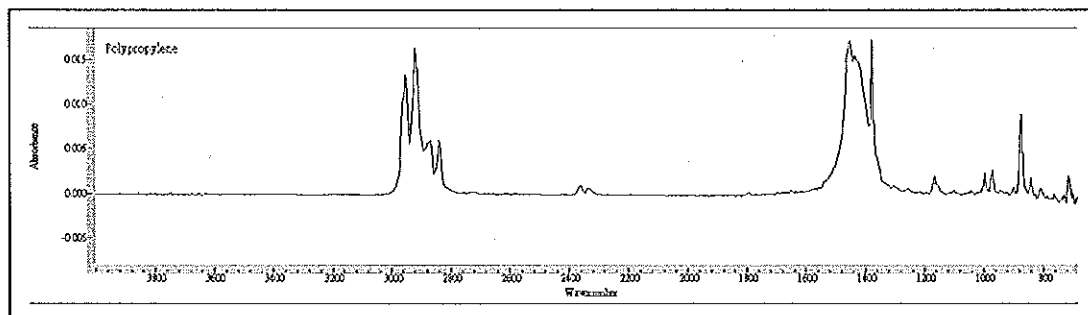


圖 A-2-1 聚丙烯纖維 (Polypropylene) 光譜圖

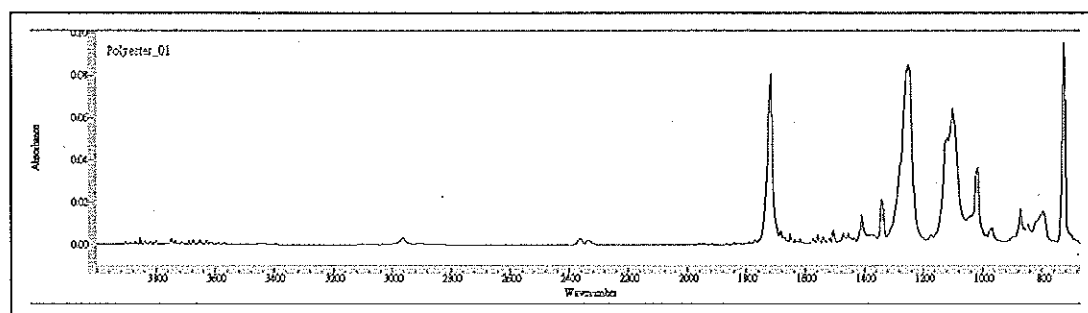


圖 A-2-2 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖

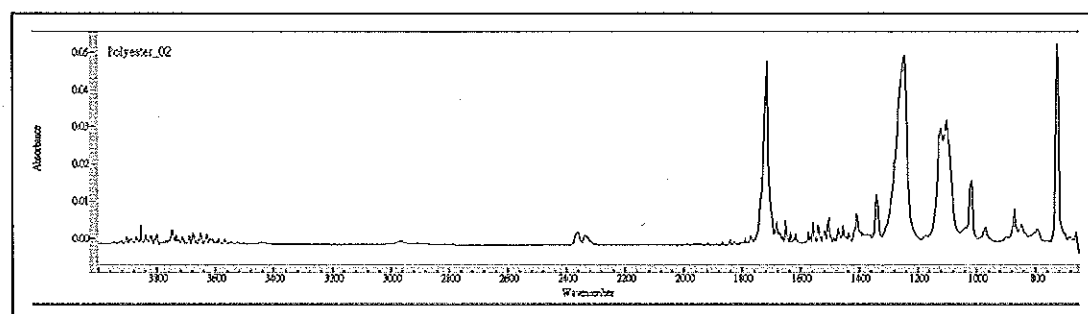


圖 A-2-3 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖

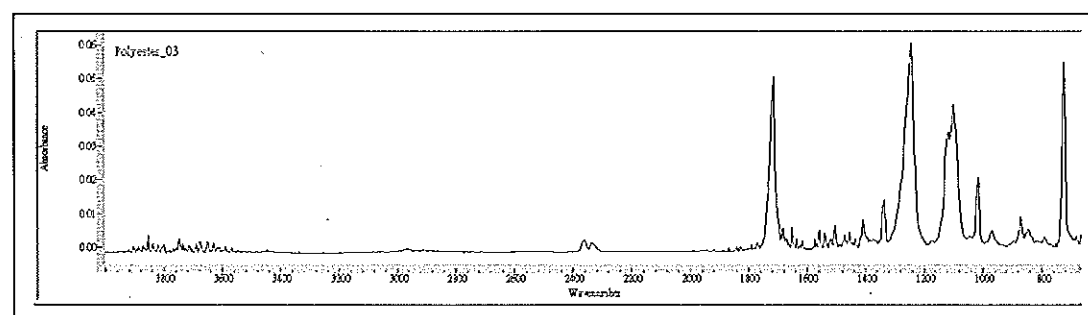


圖 A-2-4 聚酯纖維 (Polyester) 光譜圖

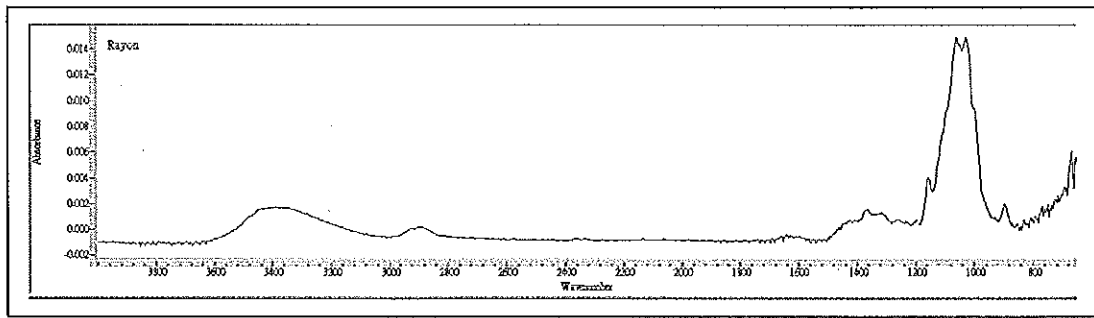


圖 A-2-5 螺紫纖維 (Rayon) 光譜圖

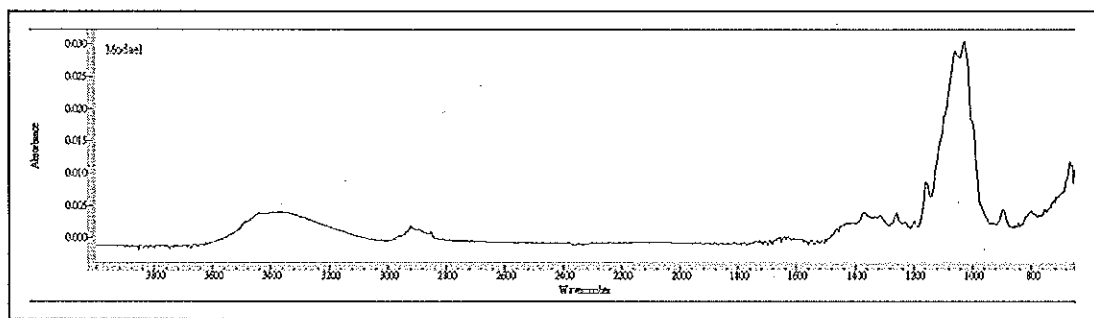


圖 A-2-6 莫代爾纖維 (Modal) 光譜圖

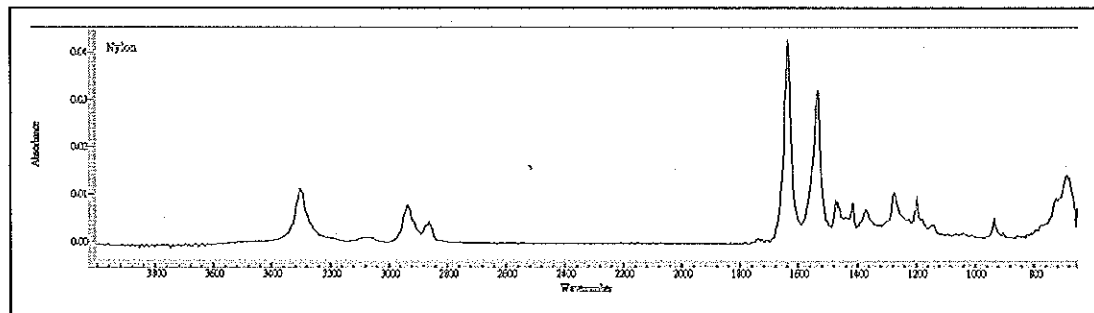


圖 A-2-7 尼龍纖維 (Nylon) 光譜圖

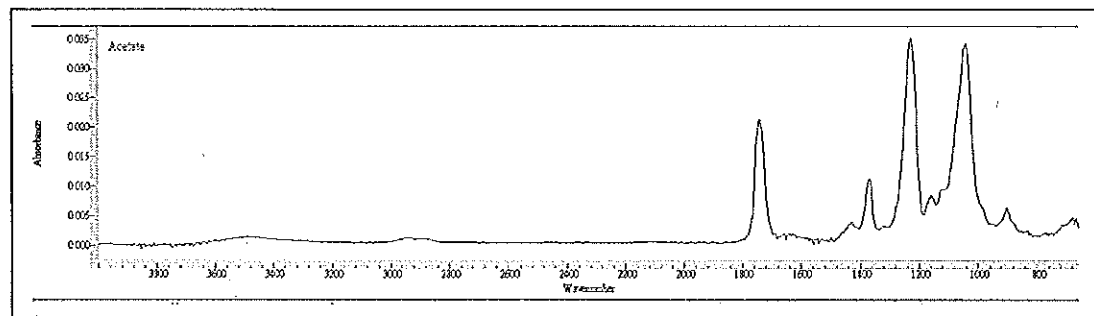


圖 A-2-8 聚醋酸纖維 (Acetate) 光譜圖

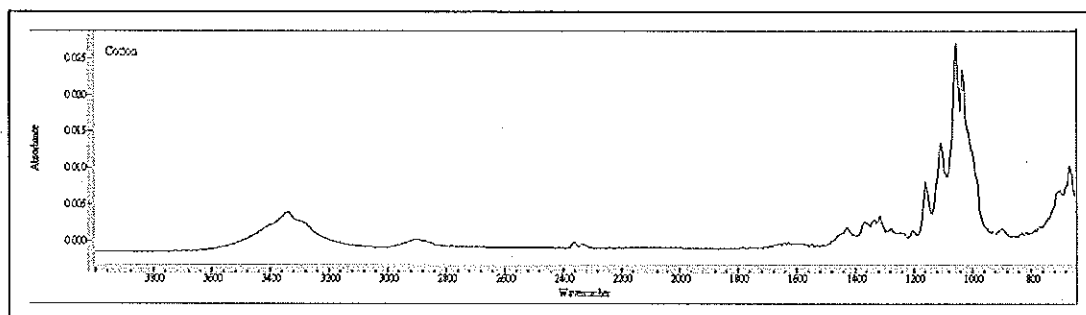


圖 A-2-9 棉纖維 (Cotton) 光譜圖

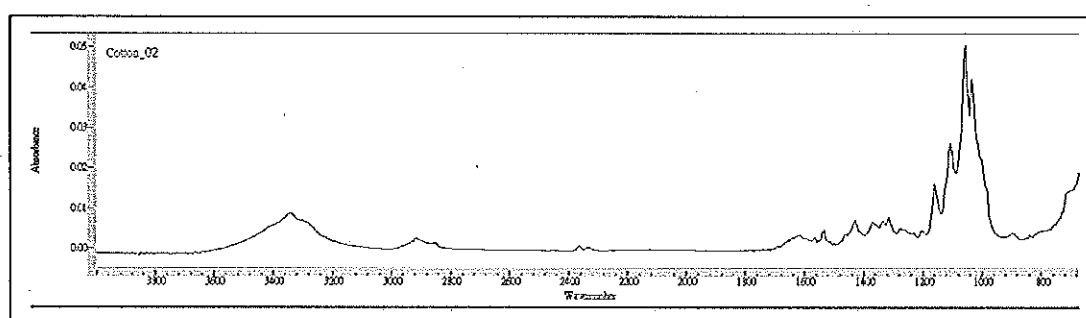


圖 A-2-10 棉纖維 (Cotton) 光譜圖

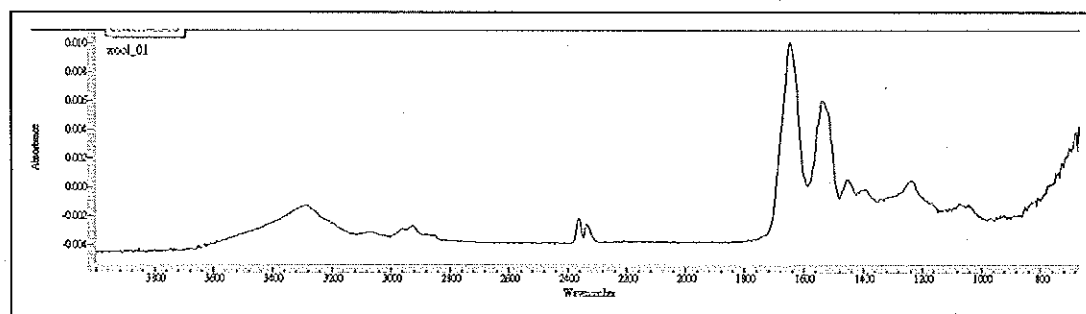


圖 A-2-11 羊毛纖維 (Wool) 光譜圖

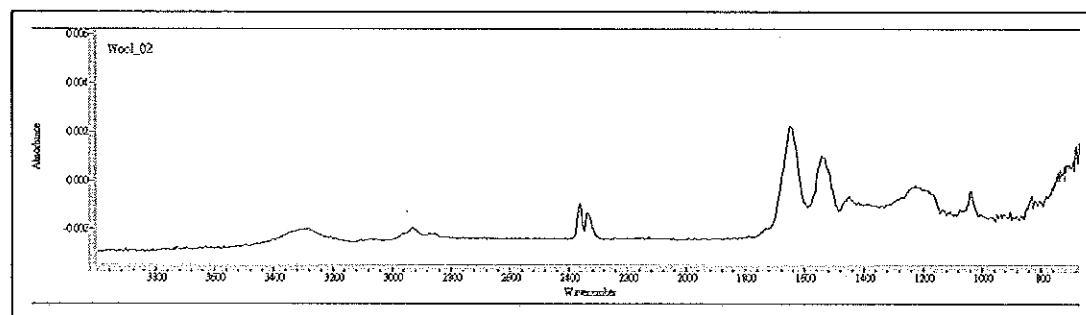


圖 A-2-12 羊毛纖維 (Wool) 光譜圖

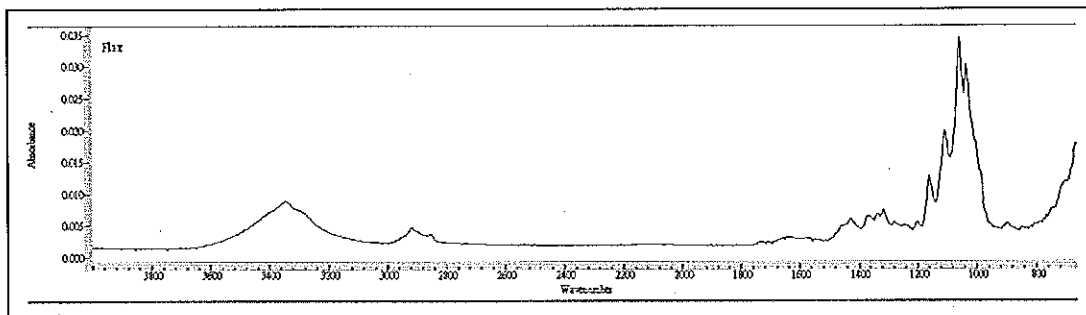


圖 A-2-13 亞麻纖維 (Flax) 光譜圖

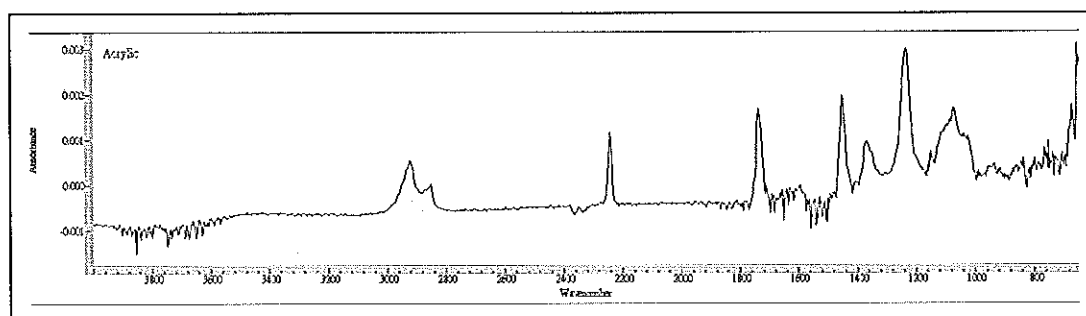


圖 A-2-14 亞克力纖維 (Acrylic) 光譜圖

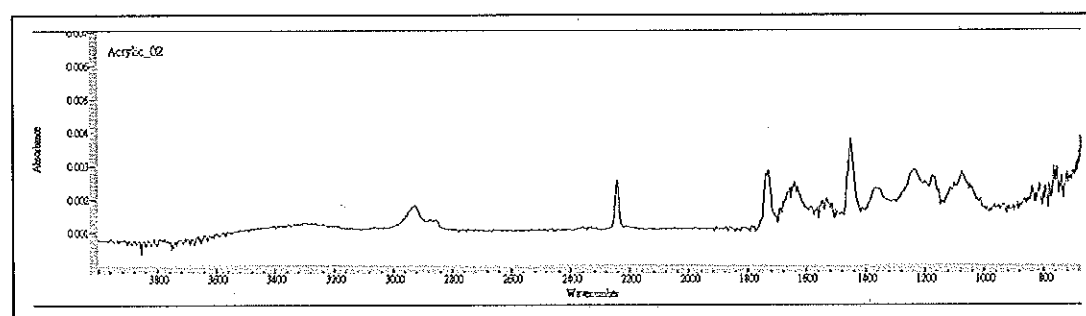


圖 A-2-15 亞克力纖維 (Acrylic) 光譜圖

A-3 聚丙烯之溶解效果

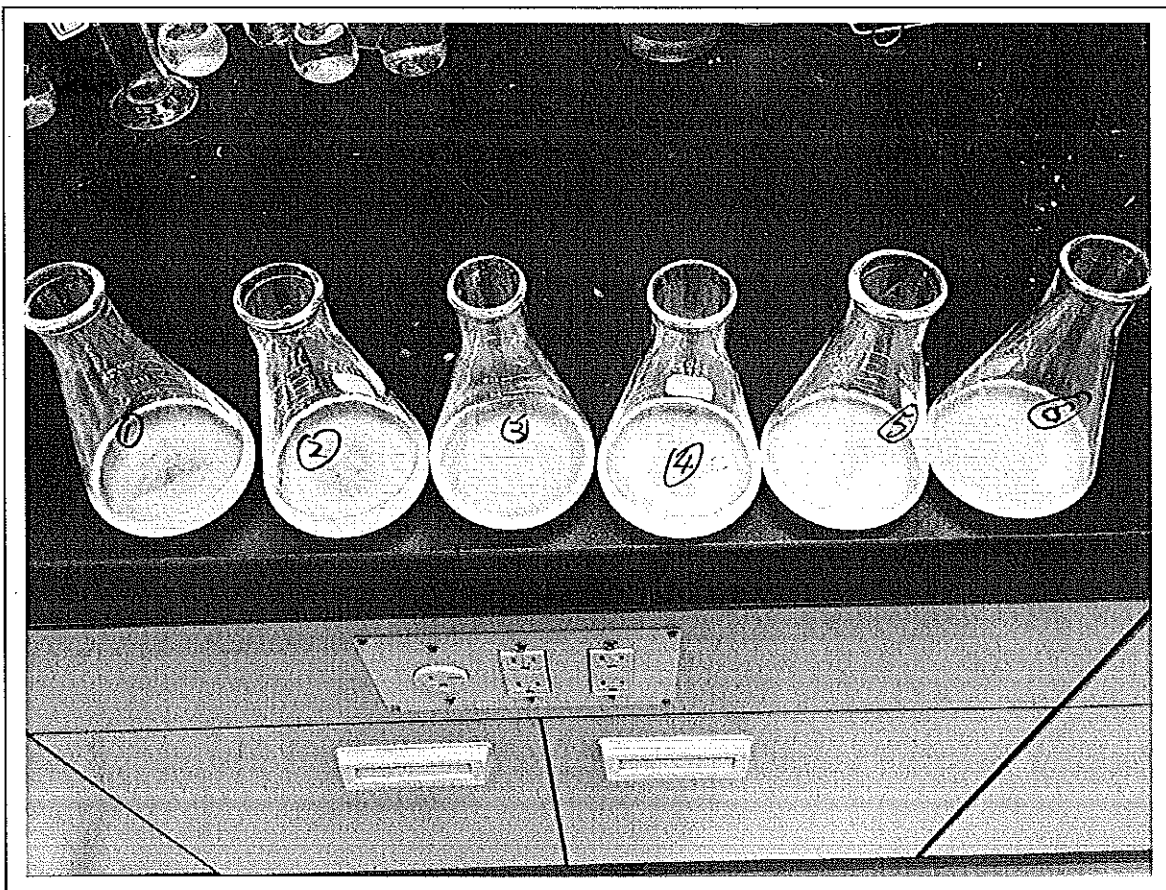


圖 A-3-1 聚丙烯之溶解效果照片

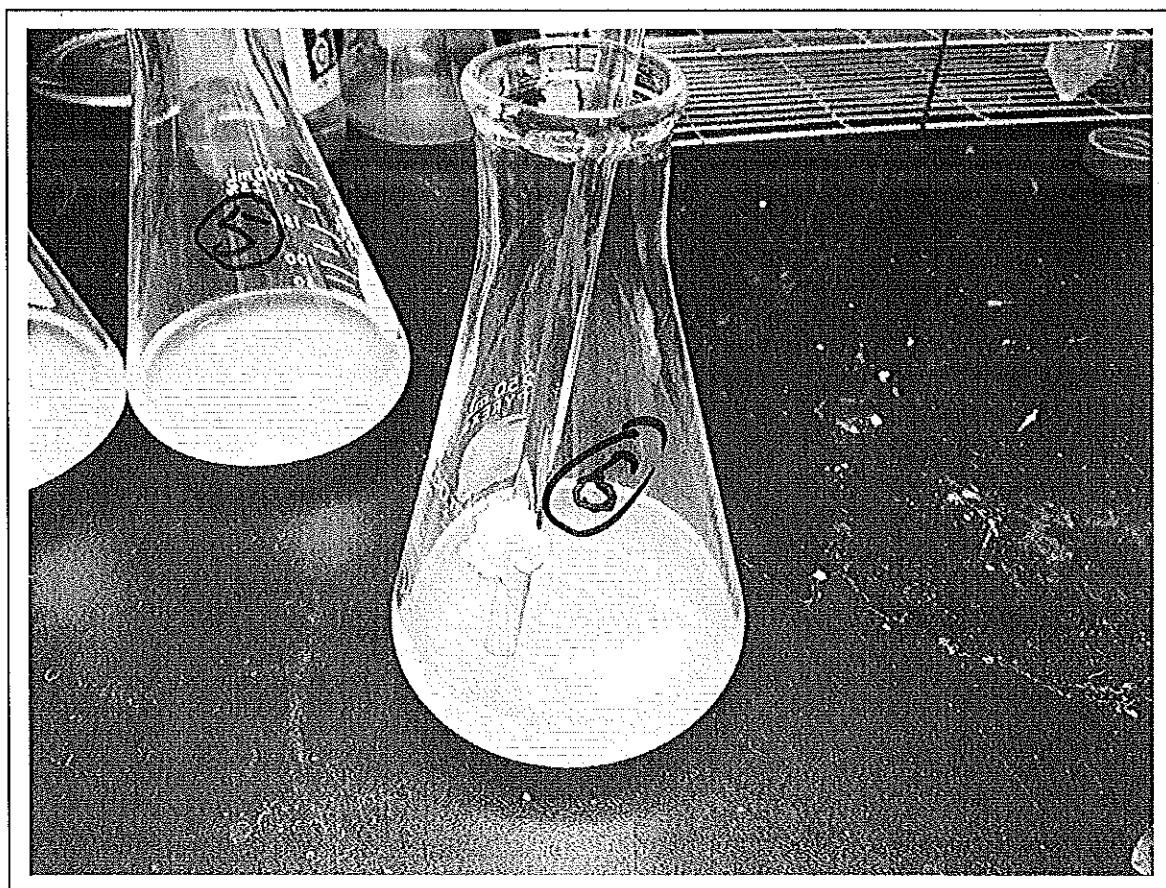


圖 A-3-1 第 6 組聚丙烯之溶解效果照片（並未溶解）