

神奇寶貝—天然聚合物的合成、測試及應用

國中組 第三名

縣 市：高雄市

校 名：正興國中

作 者：顏志傑、王荐一陳歆寧、林冠茹

指導教師：林麗玲



顏志傑：我從小就對自然感興趣，爸爸常常帶我去鄉下，沿途都會為我解釋許許多多的科學原理，從此對自然科學的興趣便萌芽了。我很有幸參加這次科展，也十分高興能抱名而歸，這不只是一張獎狀，更重要的，是對我和我的小組的肯定。

王荐一：這是我第一次參加全市及全國科展，沒想到就僥倖獲得化學組第三名，這都得感謝我們研究小組的所有人，以及我們創意十足的構想，如果有機會的話，我上高中後將繼續參加科展！

林冠如：大家好，我叫林冠如，是個胸無大志的小女子。雖然無志，但任何新事物都是我的快樂補給站！對於事物雖不汲汲，但也決不聽天由命，仍然用個人風格一路走來，隨和的個性，讓我們一一喝了這杯再說吧！

陳歆寧：我對科學很有興趣，以前的老師也教導了我許多這方面的知識，對我啓發不少。這次能有此成績，要感謝小學的老師們、我的朋友、家人，還有這次的指導老師以及合作的同學，因為他們，我才能完成這件作品。謝謝你們！

關鍵詞：天然聚合物、蒟蒻、拉力、環保

一、研究動機

根據統計，台灣地區每人每年製造80公斤的塑膠垃圾，造成嚴重的環境壓力，且利用塑膠或保麗龍製成的餐具在加熱時會釋出有害於人體的毒素，用過的製品也不易分解，造成的垃圾污染。因此，未來全面禁用保麗龍免洗食具是勢在必行的。但是沒有了保麗龍，吃自助餐時該怎麼辦呢?用紙盒嗎?但如此又必須砍伐為數不多的樹木，用家中的便當盒又嫌麻煩!~~如果有一種能取代塑膠、也能被生物快速分解，不會威脅環境的材料不就解決問題了嗎?!那天，在吃 Q Q 的蒟蒻果凍時，突然想到，它不也是一種聚合物嗎！有沒有可能利用"它"，來變出一種既環保又實用的天然聚合物，用以取代現有的保麗龍及部分塑膠製品呢？於是我們開始了尋找此一“神奇寶貝”之旅。

二、研究目的

(一)嘗試以生活中常見素材自製天然聚合物，找出製作天然聚合物之最佳材料及比例。

(二)測試天然聚合物對溫度高低和酸鹼的承受程度。

(三)實際以天然聚合物製成食具。

三、研究器材

【器具】

玻璃棒 4支 彈簧秤(2kgw) 2支

瓦斯 7罐 pH meter 1支

鍋子 2個 燒杯 30個

冰箱 1台 (50、250mL)

烘箱 1台 量筒 2個

瓦斯爐 2台 (100、25mL)

天平 1台 壓克力板 6塊

滴管 4支 (31cm吓cm)

刮杓 4支

【藥品】

蒟蒻粉（甘露醣醇） 2包

鹼粉Ca（OH）₂ 1瓶

白膠（聚醋酸乙烯） 1罐

洋菜粉 8包

聚乙烯醇〔CH₂CHOH〕_n 1瓶

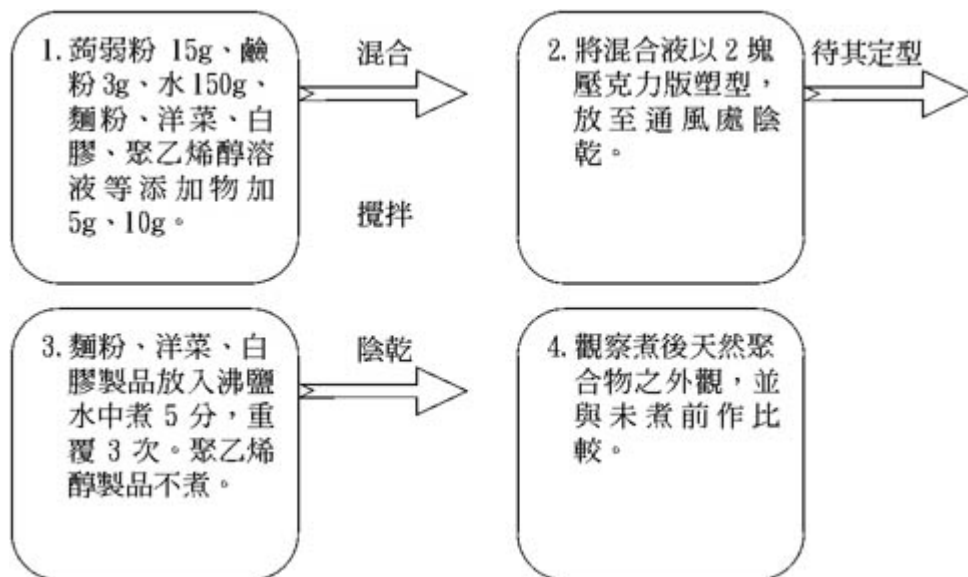
麵粉〔C₆H₁₀O₅〕_n 1包

濃鹽酸（HCl） 1瓶

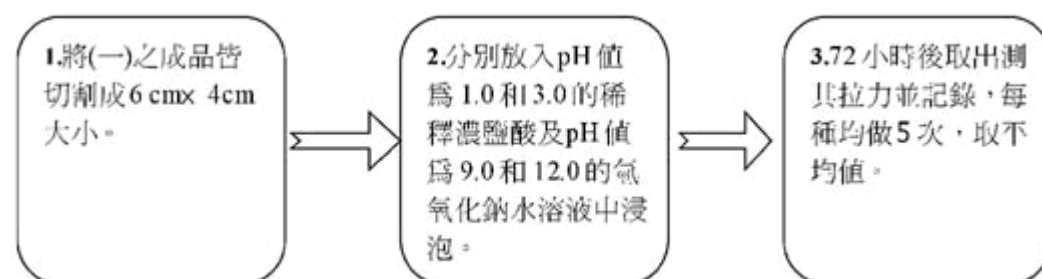
氫氧化鈉（NaOH） 1瓶

氯化鈉（NaCl） 1瓶

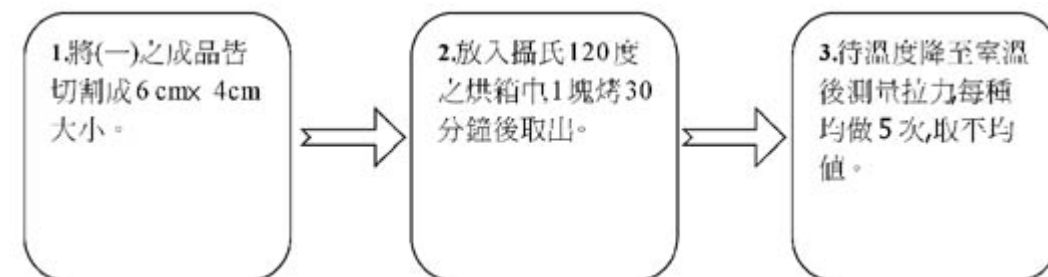
四、研究步驟



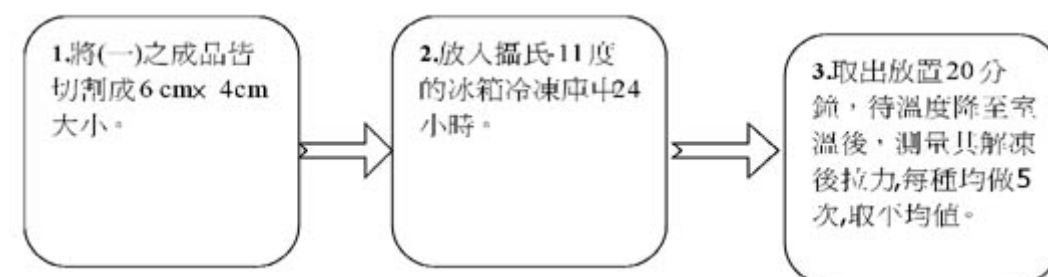
(三)測試酸鹼對天然聚合物的影響



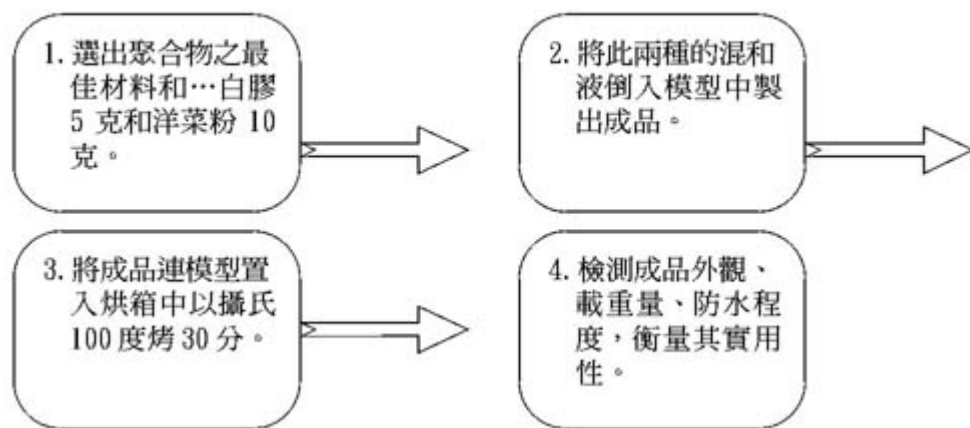
(四)測試高溫對天然聚合物的影響



(五)測試低溫對天然聚合物的影響



(六)實際以天然聚合物製作出食具



五、結果

(一)數據總表

我們將實驗二到實驗五的拉力值以彈簧秤測出後，將所有數據列於下表。以下之原始值、pH值、冷凍和加熱是指各種天然膠的測試環境，而當中的值是其拉力的最大值。

	原始值	pH1	pH3	pH9	pH12	冷凍	加熱
白膠5g	300	490	680	400	0	2400	4000
白膠10g	680	440	440	390	0	1920	3900
白膠15g	610	300	340	280	0	2180	4000
洋菜粉5g	1100	510	1010	490	0	1800	4000
洋菜粉10g	1160	590	680	680	0	1700	3000
洋菜粉15g	940	530	1000	400	0	620	3000
麵粉5g	700	260	540	540	0	1160	2000
麵粉10g	340	180	490	490	0	850	1820
麵粉15g	400	60	120	120	0	1470	1380
聚乙烯醇5g	130	0	0	0	0	1400	1900
聚乙烯醇10g	120	0	0	0	0	1800	700
聚乙烯醇15g	70	0	0	0	0	1600	1250

【表一】數據總表(單位：克重)

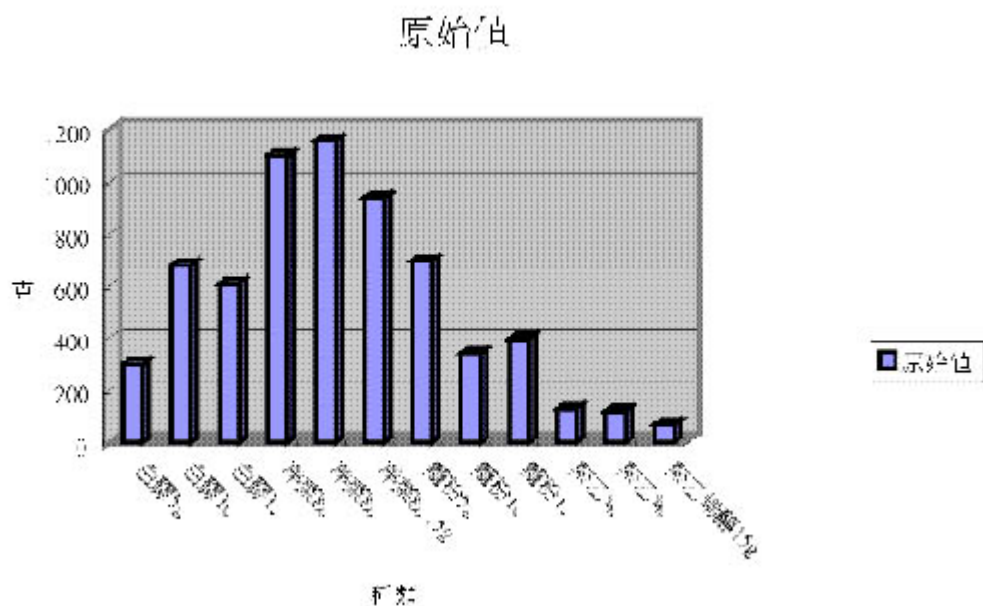
(二)實驗圖表

1.過程〈一〉以蒟蒻粉（甘露醣醇）為主原料，加入各類添加物合成天然聚合物：

【表二】

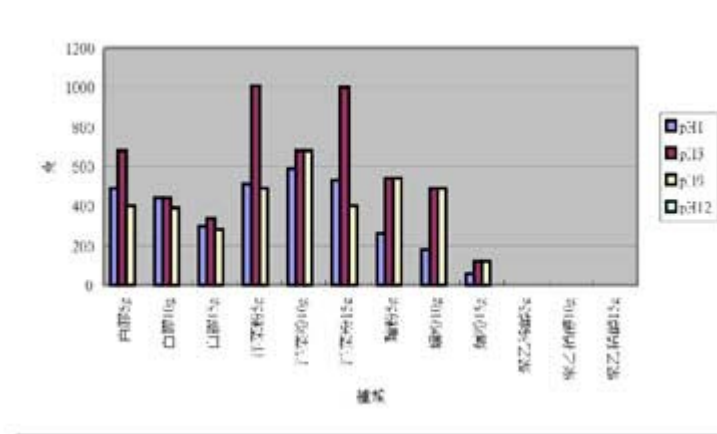
添加物	添加量	顏色		氣味		其他
		煮前	煮後	煮前	煮後	
白膠	5	白色	白色	味似魚飼料	氣味較淡	表面粗糙不黏滑
	10	白色	白色	味似魚飼料	氣味較淡	表面粗糙不黏滑
	15	白色	白色	味似魚飼料	氣味較淡	表面粗糙不黏滑
麵粉	5	墨綠色	黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面黏黏的
	10	墨綠色	黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面黏黏的
	15	深綠色	黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面黏黏的 ，嚴重結塊
洋菜粉	5	黃白色	鮮黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面平滑
	10	黃白色	鮮黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面平滑
	15	黃白色	鮮黃色	味似魚飼料	氣味較淡	表面平滑
聚乙烯醇	5	透明黃色	透明黃色	味似魚飼料	氣味較淡	易塑形， 彈性差。
	10	透明黃色	透明黃色	味似魚飼料	氣味較淡	易塑形， 彈性差。
	15	透明黃色	透明黃色	味似魚飼料	氣味較淡	易塑形， 彈性差。

2.過程〈二〉測試各種天然聚合物之拉力：



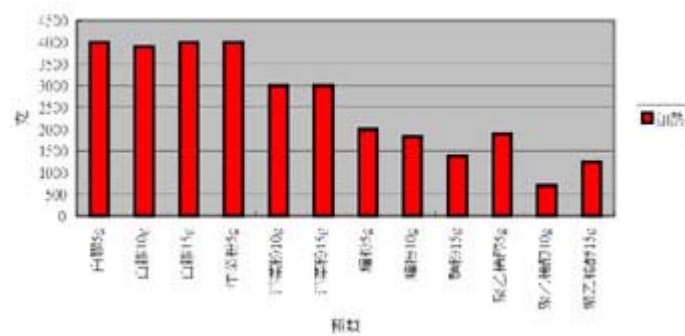
【圖一】 基本拉力測量圖表

3.過程〈三〉測試酸鹼對天然聚合物的影響：



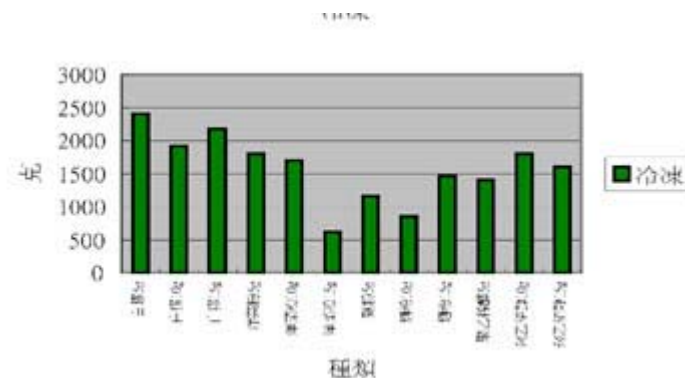
【圖二】 酸鹼液浸泡拉力圖表

4.過程〈四〉測試高溫對天然聚合物的影響：



【圖三】 高溫處理後拉力圖表

5.過程〈五〉測試低溫對天然聚合物的影響：



【圖四】 冷凍處理後拉力圖表

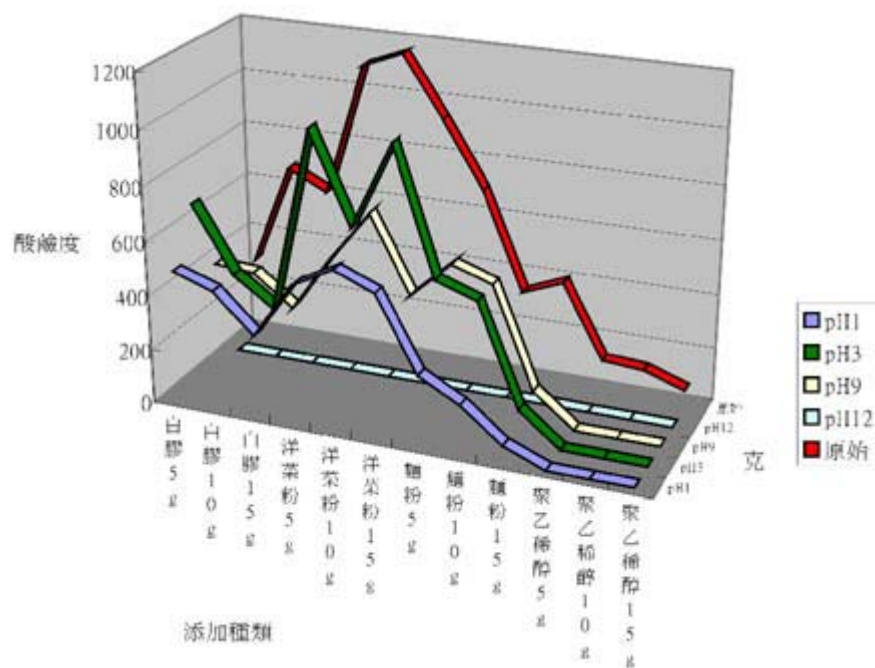
(三)單一變因和其比較之數據和圖表

1.在不同酸鹼環境中減少拉力值大小之比較和圖表

我們用酸鹼液之pH值作為變因，比較在不同的酸鹼度當中，對於天然膠的傷害之多寡。（單位：克重）

【表三】

	pH1	pH2	pH3	pH12	原始
白膠5g	490	680	400	0	300
白膠10g	440	440	390	0	680
白膠15g	300	340	280	0	610
洋菜粉5g	510	1010	490	0	1100
洋菜粉10g	590	680	680	0	1160
洋菜粉15g	530	1000	400	0	940
麵粉5g	260	540	540	0	700
麵粉10g	180	490	490	0	340
麵粉15g	60	120	120	0	400
聚乙烯醇5g	0	0	0	0	130
聚乙烯醇10g	0	0	0	0	120
聚乙烯醇15g	0	0	0	0	70

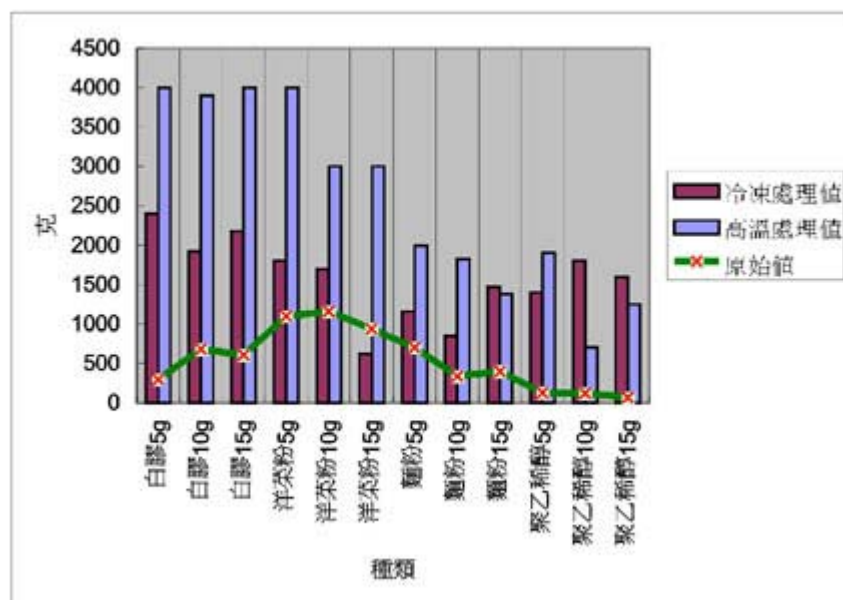


2.冷熱環境中最大拉力值和原始值之比較的數據和圖表

我們將在極冷和高溫環境中的天然聚合物，拿它們的冷熱變化值(長條)和原始值(線段)，彼此互相比較，來了解其關係。（單位：克重）

【表四】

	冷凍後處理值	高溫處理值	原始值
白 膠5g	2400	4000	300
白 膠10g	1920	3900	680
白 膠15g	2180	4000	610
洋 菜 粉5g	1800	4000	1100
洋 菜 粉10g	1700	3000	1160
洋 菜 粉15g	620	3000	940
麵 粉 5g	1160	2000	700
麵 粉10g	850	1820	340
麵 粉15g	1470	1380	400
聚乙烯醇 5g	1400	1900	130
聚乙烯醇10g	1800	700	120
聚乙烯醇15g	1600	1250	70



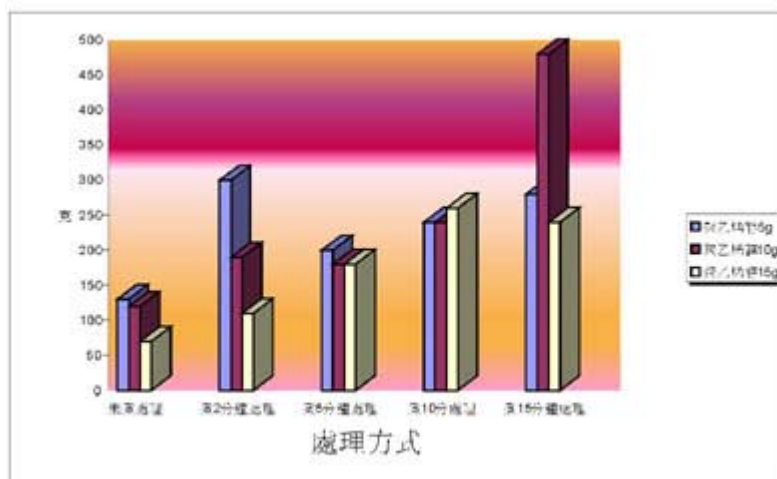
【圖六】

3.其他各種變因及集合式比較之數據和圖表

添加聚乙稀醇的拉力和水煮時間多寡的影響之數據和圖表（單位：克重）

	未煮處理	煮2分鐘處理	煮5分鐘處理	煮10分鐘處理	煮15分鐘處理
聚乙稀醇5g	130	300	200	240	280
聚乙稀醇10g	120	190	180	240	480
聚乙稀醇15g	70	110	180	260	240

【表五】



【圖七】

六、討論

(一)蒟蒻粉為台灣本土植物（天南星科的蛇芋）球莖研磨而成，其成分單體為甘露糖醇，結構近似葡萄糖，主要成份Glucomannan其中,由D-glucose及D-mannose以 α -1,4鍵結合其凝膠特性研究加鹼之後須經一段誘導期黏度才會上升,乃因其分子間具有氫鍵而形成網狀之凝膠結構,其作用首先須脫乙醯基,再來為主幹糖聚合鏈上,因含大量的醇基促使氫鍵形成構成穩定的凝膠結構,其中Glucomannan分子互相纏繞糾結類似starch中之離水現象.蒟蒻與其它膠類能產生加成作用而呈現最大之膠強度。與洋菜的相容性最高，分子與分子間形成立體結構。而聚乙稀醇〔CH₂CHOH〕_n則因其易水解的特性，在水煮加熱過程中結構被破壞，所以拉力測試差。

(二)實驗結果和數據討論

1.基本拉力的測量之討論

添加洋菜粉的天然聚合物，其拉力都能達到900gw以上，是所有的天然聚合物當中最好的；白膠屬於中等，但是添加5克白膠的天然聚合物拉力僅有300gw。至於添加10克和15克白膠的天然聚合物，拉力則能夠達到600gw以上；添加麵粉的聚合物之拉力值起伏十分的大，從300gw到700gw，如此巨大的差距。推測是因為麵粉（主要成分為澱粉）和蒟蒻粉（甘露醣醇）兩者難以互溶，導致聚合物出現有不均勻的情形，由此可見其結構不穩定，會使其出現不規則的數據。

2.酸鹼液浸泡拉力的測量之討論

就我們用來實驗的添加物當中，添加洋菜粉之天然聚合物拉力是最好的。而在強鹼（pH12）中，所有的聚合物結構皆粉碎化為液狀。另外，聚乙烯醇對含水的溶液本來就會被水解，再加上有很強的酸鹼環境，使得其聚合物結構完全崩解。

就拉力值來說，原始值 $> \text{pH}3 > \text{pH}9 > \text{pH}1 > \text{pH}12$ 。推測可能是蒟蒻粉必須加入鹼粉（氫氧化鈣）才能凝固，因此聚合物本身為弱鹼性，以致置於鹼液中使得鹼性過高而崩解；相反的，如果置於酸液中，會導致部分的酸鹼中和而影響較小。

3.高溫處理後拉力的測量之討論

添加白膠的聚合物加熱後拉力為一個超過4000gw的值，已經超過學校器材的測量範圍。實驗中的天然聚合物加熱過後的拉力十分驚人，特別是添加白膠，幾乎增加了10倍的拉力。原本的假設高溫會破壞其結構。但天然聚合物經過高溫烘烤後，居然出現拉力以倍數成長的現象，推測是因為烘烤過後將聚合物多餘的水分排出，使其結構更緊密所致。

4.冷凍處理後拉力的測量之討論

在冷凍庫裡冰24小時並解凍後發現，拉力有顯著的上升，在本實驗中，又以添加白膠5克的聚合物冷凍後拉力值最佳，足足增加了8倍之多，其他也有1~2倍、甚至3~4倍的拉力成長。推測是由於冷凍，冷凍使其結構更加緊密所致。

(三)單一添加物與其測試環境討論

1.添加白膠

白膠聚合物的原始值並不理想，但是經冷凍和加熱後，拉力大增。白膠5克聚合物的拉力甚至增加13倍多，與白膠（聚醋酸乙烯）在乾燥後凝聚效果增加的特性相符。

2.添加洋菜粉

洋菜聚合物的拉力原始值最好，可惜在酸鹼液中拉力損失稍多。但冷凍和加熱後拉力值不錯，其中加熱使其拉力值增強2~3倍。

3.添加麵粉

麵粉聚合物的拉力大多在400gw以下，加熱後增加值也略低，而且添加越多麵粉，增加值便越少，可能與麵粉在高溫下結構改變有關。其耐酸鹼力低，在強酸（pH1）中拉力值不佳，而在鹼性中（pH9、pH12）其結構完全被破壞為液態，可見它無法承受酸和鹼的環境。

4.添加聚乙烯醇

聚乙烯醇聚合物的拉力原始值極不理想，而且無法耐酸鹼，又易變形。推測聚乙烯醇聚合物在酸鹼液測試中完全液化，除了受酸鹼的影響外，易水解也是主因。加熱和冷凍後雖然拉力值並未很高，但也成長10倍餘，可見其原始結構十分鬆散，一經過冷凍加熱使其緊密後，便能發揮強大的拉力。推測聚乙烯醇可能在水煮的情況下被析出而溶於水，導致聚合物失去聚乙烯醇的成分，結構受損。而且測得的拉力值乃是聚乙烯醇被析出的純蒟蒻天然聚合物。

七、結論

(一)我們測試蒟蒻天然聚合物的拉力，耐高低溫及酸鹼的程度，選出添加洋菜粉5g及白膠10g最適合製作食具，其優點有

- 1.成本低；
- 2.遇熱不會釋出有毒氣體；
- 3.易分解；
- 4.完全無污染。

而且如以掩埋法處理，還可以變做肥料，一舉兩得。

(二)天然聚合物有一股如魚飼料般的臭味，可以在製作過程中多煮幾次，利用滲透原理在水中加入鹽，即可去除大部分的味道；並可加入檸檬皮等香料。

(三)天然聚合物的顏色大多是黃色，在影響拉力最小的情況下，可以添加少量食用色素，增加變化；或添加食用防腐劑、氧化劑，增加保存期限。

(四)在室溫下以添加洋菜粉的天然聚合物拉力最大，可用來製作普通食具或是其他塑膠製高消耗品。

(五)在酸性環境下，拉力最佳的是添加洋菜粉5g、10g的天然聚合物，可以替代裝酸性液體或固體之塑膠容器。但蒟蒻天然聚合物在強酸液和鹼液中拉力皆不佳，表示所有的蒟蒻天然聚合物都不適合在強酸或鹼的環境中使用。

(六)冷凍後拉力最佳的為添加白膠的聚合物，可以替代裝冷凍魚蝦的保麗龍盒。而施與高溫後拉力最佳且不易變形的是添加洋菜5g的天然聚合物，可以用來製作裝較燙食物（如：湯類）的食具。

(七)保麗龍遇熱會釋出有害人體的苯乙烯單體，且台灣的保麗龍廢棄物每年有12,000噸，造成嚴重的垃圾問題。而天然聚合物完全不會有這些問題；而且添加麵粉的天然聚合物和添加洋菜的天然聚合物只要"口味"加以改良，就能製出可以食用的食具呢！其遠景指日可待！

八、參考資料

(一)有機化學Linstromberg・Baumgarten著曉園出版社

(二)有機化學陽承編著大中國圖書公司印行

(三)邁入2000年的化學波勒著凡異出版社

(四)食品衛生資訊網站 <http://www.tybobo.com.tw>

(五)環保署網站

(六)國中理化第二冊國立編譯館編著

評語

本研究利用日常生活之常見材料試製聚合物，希望代替保麗龍餐具，解決環保問題，在蒟蒻粉、洋菜粉、麵粉等天然聚合物中經過仔細的試驗，改變製作條件，並測量抗拉力的大小，選出蒟蒻粉為原料，製出成品，科學過程完整，但考慮有欠周詳處，如加入鹼粉究是何物？是否一定不會溶出？故評給第三名。