

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030314

是魚？是蟲？還是糖？

—衣魚共生菌分解酵素之篩選研究

學校名稱：嘉義市私立輔仁高級中學

作者：	指導老師：
國二 陳怡伶	呂佳璇
國一 劉芷君	張毓敏

關鍵詞：纖維素分解酶、葡萄糖(glucose)、木糖(xylose)

摘要

「咦?我的書本怎麼破了一個洞?」「耶?我的衣服怎麼變成洞洞衫?」這些對話經常出現在居家寢室中，而兇手就是可能就是灰衣魚。灰衣魚和白蟻都能夠分解纖維素，只是主食不同。灰衣魚主要食用衣服以及紙張，而白蟻則是木頭。我們選擇灰衣魚作為我們的研究題材，到底灰衣魚是如何分解纖維素?這是我想在這個實驗裡知道的。從觀察灰衣魚的外在形態，進一步到探討灰衣魚的腸道是否有共生菌可分解纖維素。由實驗得知，灰衣魚有小顎鬚來幫助牠感覺食物的構造，以及其步足有跗爪構造和兩種不同的鱗片。灰衣魚的腸道內確實有共生菌之存在來幫助灰衣魚分解纖維素。

壹、研究動機：

某天在學校整理書籍時看到書本上快速移動的小小身軀，「咻—」的一溜煙就消失的無影無蹤。牠快速的穿梭在陰暗潮溼的櫃子、角落以及書本堆當中時，就像銀色火箭快速衝刺一樣，速度快到連眼睛都差點跟不上，引發了我們的好奇心，想知道到底是什麼？詢問過老師後才知道原來灰衣魚。灰衣魚是一種無翅昆蟲，由於外型 and 祖先沒有什麼太大的差別，可以說是一種活化石。灰衣魚會食用人們所穿的衣物以及珍貴的藏書等，所以常被人類視為害蟲。然而在這銀色亮麗的外表底下有什麼不為人知的秘密嗎？是什麼原因讓灰衣魚可以成為昆蟲界中少數能分解纖維素的其中之一，是灰衣魚會分泌某種物質嗎？還是灰衣魚的腸道中有共生菌來協助纖維素的分解嗎？這些都值得我們進一步去探討和研究。



圖 1、灰衣魚為常見的食紙害蟲

貳、研究目的：

- 一、探討灰衣魚的外部型態與細微構造。
- 二、探討灰衣魚腸道是否有共生菌可分解纖維素（Cellulose）和木聚糖（xylan）。
- 三、探討灰衣魚共生菌分解木聚糖與纖維素的酵素活性。
- 四、探討木聚糖分解酵素（xylanase）與纖維素分解酵素（cellulases）在稻桿、米糠、廢紙的應用。



圖 2、這成堆的廢紙如果能成為能源該有多好！

參、研究背景

一、衣魚的分類與生態

灰衣魚為無翼之昆蟲，節肢動物門、昆蟲綱、無翅亞綱、纓尾目(Thysanura)的衣魚科，灰衣魚仔蟲至成蟲階段之外型相似，為無變態，是夜行性昆蟲，喜歡尋找隱蔽且潮濕的地方躲藏，白天很難發現牠們的行蹤。

灰衣魚的卵期為 30-40 天，第一齡時體長 0.1cm，乳白色，不活躍，第三齡開始有鱗片，第四齡脫皮後才出現腳基突起，可自空氣中吸收溼氣。當溫度低於 4°C 時活動力較低。在溫暖的空間內終年可活動繁殖，未交尾的雌蟲每隻仍可產下 5-10 個卵，已交尾者每隻可產 50-70 個。據研究，在溫度適宜時完成一世代只需要 3 個月；在環境差下完成一世代延長至 1~2 年。當 37°C 時才需 11 個星期。

溫度和濕度會影響卵的存活及孵化，卵在 22°C 即可孵化；超過 37°C 則無法孵化。高溫會造成極高的死亡率，幼期在 45°C 下半小時、在 44°C 下 1 小時、在 41.5°C 下 15 小時皆死亡。

灰衣魚主要攝取澱粉、紙類以及在紙面上所佈的膠。灰衣魚以大顎來咬食小顆粒或紙張的表面。灰衣魚喜歡的食物還有棉花、人造絲和其他種類紡織品，尤其在高濕度環境。常藏於家具及書籍的縫隙中，被人們視為居室害蟲。

整理四種纓尾目如下圖：

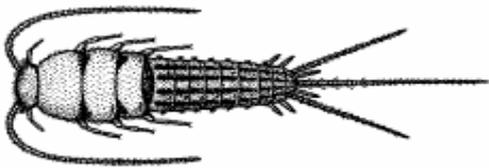


圖 3、*Ctenolepisma quadriseriata*
(fourlined silverfish, 四線衣魚)

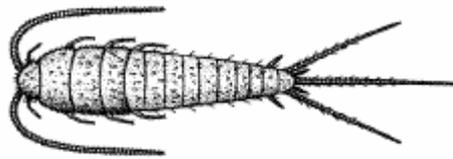


圖 4、*Lepisma sacchrina*
(common silverfish, 普通衣魚)

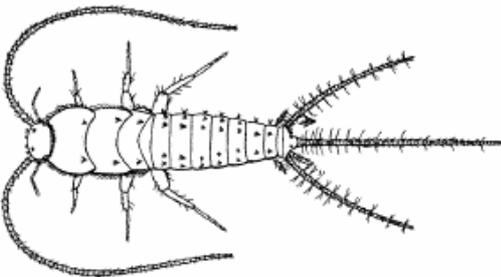


圖 5、*Ctenolepisma longicaudata*
(Gray silverfish, 灰衣魚)

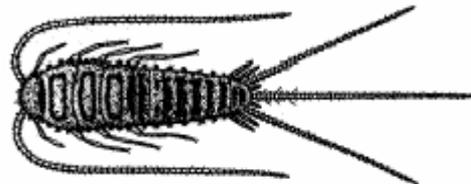


圖 6、*Thermobia domestica*
(Firebrat, 毛衣魚、斑衣魚)

灰衣魚為無翼之昆蟲，節肢動物門、昆蟲綱、無翅亞綱、纓尾目的衣魚科。灰衣魚為夜行性昆蟲，喜歡尋找隱蔽且潮濕的地方躲藏，常藏於家具及書籍的縫隙中，白天很難發現他們的行蹤。早在距今 28 億年前的泥盆紀就已經有灰衣魚的存在紀錄。從化石來看，外型和祖先沒有什麼太大的差別，可以說是一種活化石。全世界約有 370 種(Sloderbeck, 2004)。灰衣魚主要攝取澱粉、糖類及紙類等。灰衣魚以大顎來咬食小顆粒或紙張的表面。具有解纖維酵素，在腸道分解纖維素及其他木製品。

灰衣魚幼蟲至成蟲階段外型相似，為無變態。在 26-29°C、相對濕度 66-74% 下飼養，灰衣魚的卵期為 30-40 天，第 1 齡為 2-3 天，體長 0.1cm，乳白色，不活躍，第 2 齡為 7-10 天，第 3 齡為 14 天，有鱗片的產生，第 4 齡為 14 天，脫皮後才出現腳基突起，可自空氣中吸收溼氣。成蟲期很長，可連續脫皮，一生至少脫殼 59 次，灰衣魚成蟲體長約 1.7 分，為紡錘形，壽命可達 2 年。當溫度低於 4°C 時活動力較低。成蟲耐飢餓的能力強，在未進食下仍可活 300~319 日。

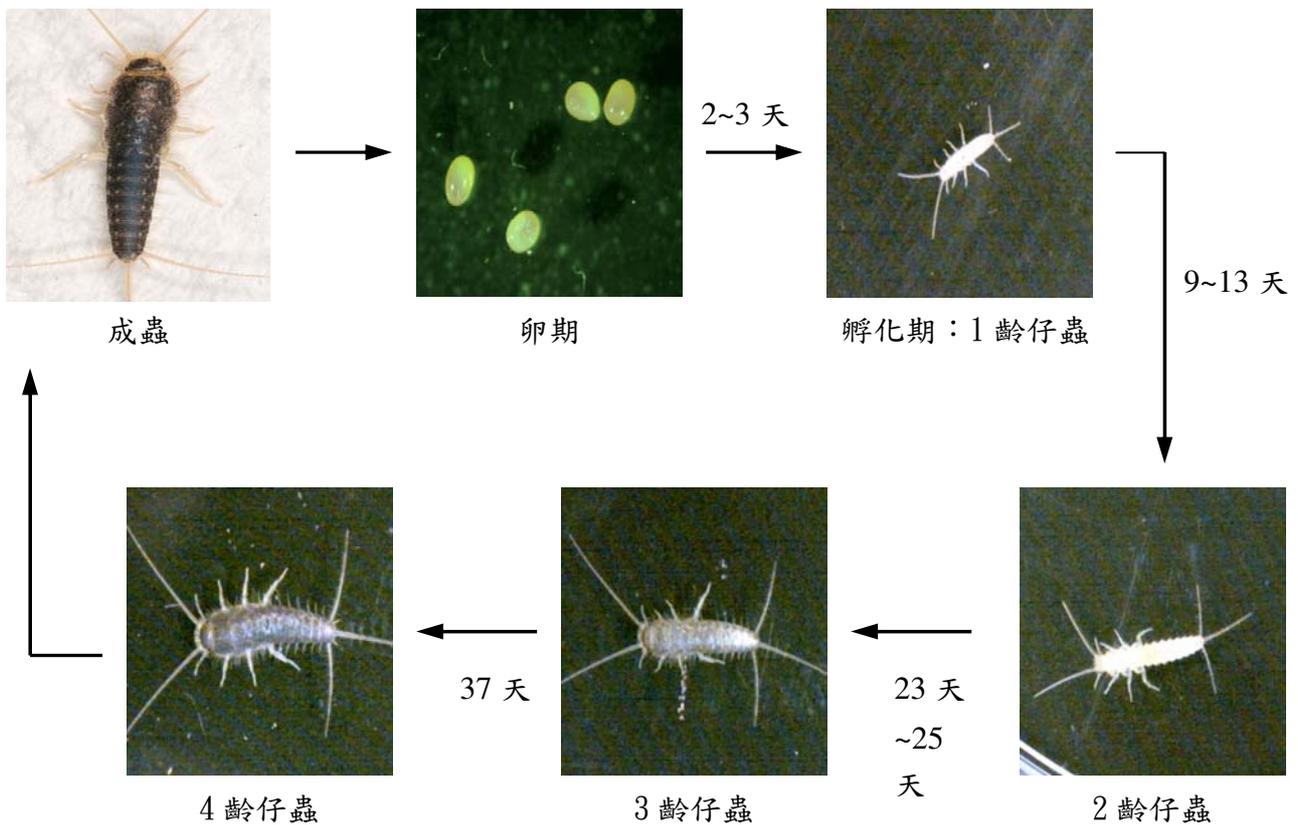
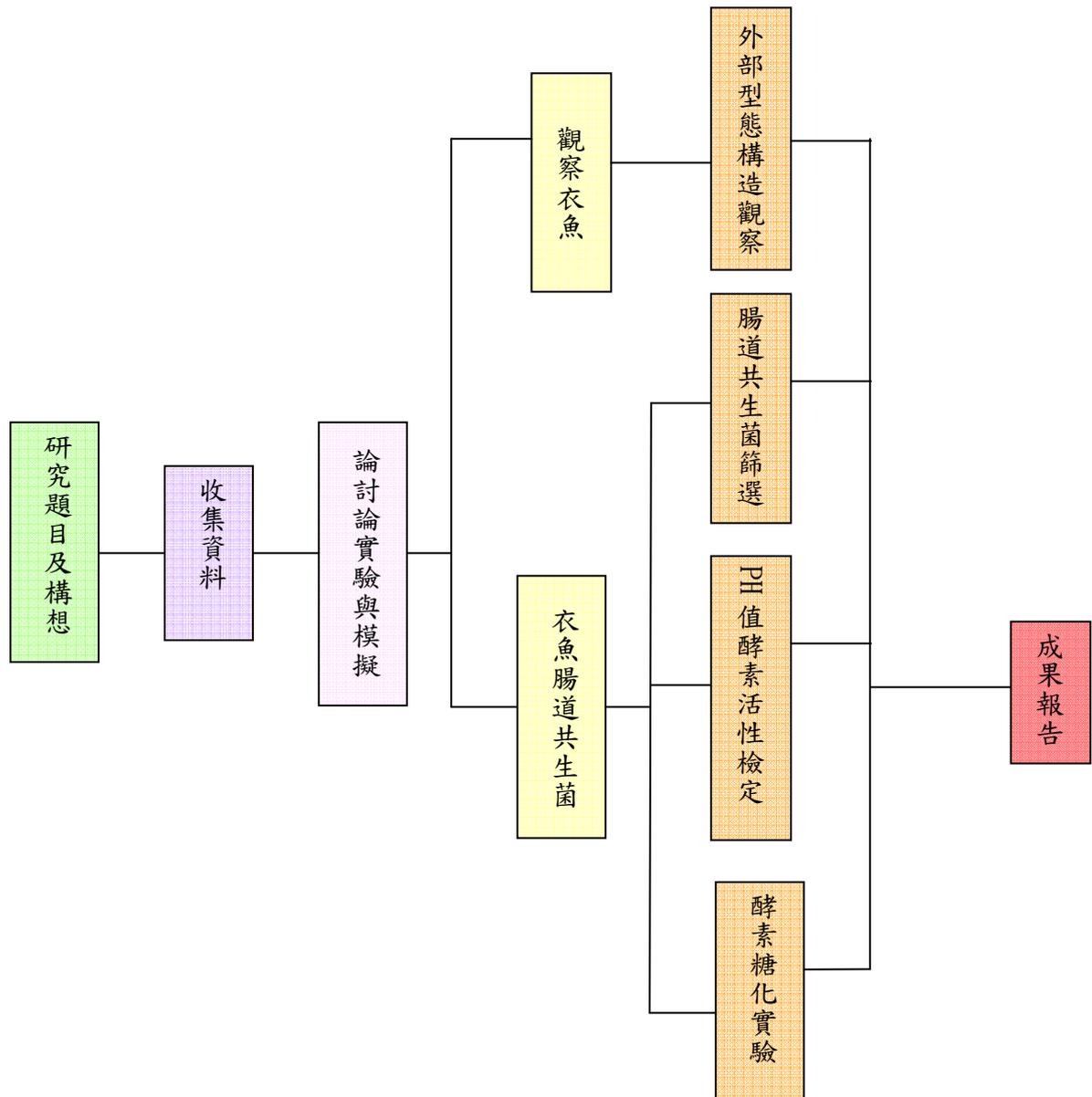


圖 7、衣魚成長週期圖（本研究整理）

二、實驗架構：



三、纖維素轉化生質能源的重要性

地球因石油過度開採而逐漸枯竭，導致油價及物價不斷上漲，如何面對能源危機已是全球必須共同面對的重要議題。就目前而言，酒精發酵之『澱粉轉化』的發酵技術已很成熟，但容易造成糧食不足，目前成本 20.5 元/升；『糖質轉化』的發酵技術生產成本過高，目前成本 27.4 元/升，且國內有離蔗政策，而『纖維素轉化』利用本土農業廢棄物、纖維作物則成為有潛力的技術。木質纖維素主要由纖維素、半纖維素和木聚糖構成，三者所佔的比例分別是 40%，20%~30%和 20%~30%。由於纖維素本身結構致密及不易分解，導至其難以被充分利用或被大多生物直接作為碳源物質而以利用。

高效能、低成本之纖維素水解酵素的開發與應用等關鍵技術，且避免耗損大量糧食原料，應以使用非糧食原料或無法作為糧食用途之部分為宜。灰衣魚共生菌分解纖維素的可行性，是我們設計這個實驗想知道的。



圖 8、實驗設計概念。

肆、實驗材料與設備

一、生物材料的飼育

灰衣魚最適宜的相對濕度約 95%，若處在相對濕度 70% 下進行脫殼的話，會使其脫殼的皮變軟，在相對濕度 RH80% 下則會發霉。灰衣魚常出現在 30°C 等溫暖的地方出現。飼育的容器以圓筒狀塑膠瓶，蓋上咖啡濾網以髮帶固定在瓶周圍；也可培養在培養皿中。若要促進生卵需要單獨在培養皿中。取卵技巧可利用毛筆刷黏其卵，挑選其卵將放入軟片盒，讓卵滾出。



圖 9、灰衣魚食紙的痕跡。



圖 10、灰衣魚的排遺。



圖 11、飼育的塑膠桶。



圖 12、利用毛筆取卵



圖 13、餵食麥片、紙張



圖 14、促進生卵



圖 15、灰衣魚幼蟲



圖 16、灰衣魚食紙



圖 17、無糖麥片

二、研究設備與藥品

表 1、研究設備一覽表

項目	品名
1	數位解剖顯微鏡、生物數位顯微鏡、掃描式電子顯微鏡、相機
2	培養皿、酒精燈、L 形玻璃棒、牙籤、離心管、微量吸管、高溫高壓滅菌斧、電磁加熱攪拌器
3	廢紙、標籤、計時器、玻璃試管、塑膠手套
4	離子覆膜機、臨界點乾燥機、訂書機
5	水浴槽、微量電子天平
6	DNS reagent：還原醣藥品 Dinitrosalicylic acid (1%)、Phenol pH6.6 (0.2%) Sodium sulfite (0.05%) Sodium hydroxide (1%)
7	Carboxymethyl Cellulose、Birchwood Xylan、LB agar、Tryptone、NaCl NaOH、甲醇、戊二醛、硫酸銨 $[(NH_4)_2SO_4]$
8	分光光度計、塑膠分光光度管、透析膜 (MW cutoff 6,000~8,000 kD)



圖 18、臨界點乾燥機



圖 19、離子覆膜機



圖 20、落地型離心機



圖 21、分光光度計



圖 22、高壓高溫滅菌斧



圖 23、電磁加熱攪拌器

伍、研究過程與方法

【預備實驗】

一、纖維素水解後會轉變成葡萄糖，屬六碳糖。製作葡萄糖(glucose)標準檢量線，目的是由已知葡萄糖推未知物中所含葡萄糖之量。

葡萄糖	0.2	0.4	0.8	1.6	2
吸光值	0.013	0.112333	0.385667	1.022667	1.231333

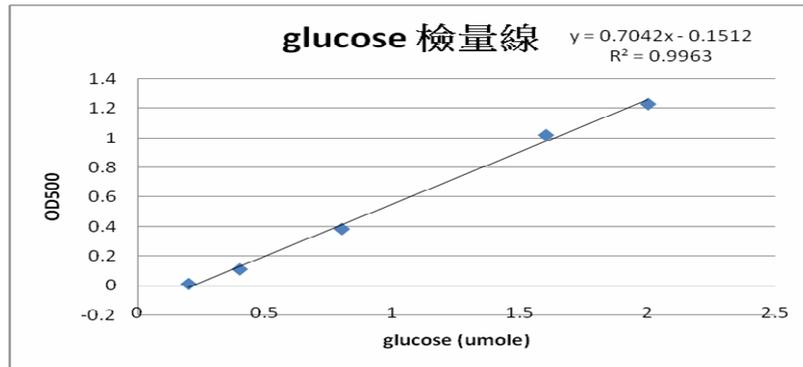


圖 24、還原糖法測出吸光值與葡萄糖的檢量線。

二、木聚糖分解後轉變成木糖(xylose)，屬五碳糖。製作木糖(xylose)標準檢量線，目的是由已知木糖推未知物中所含木糖之量。

木糖質量(umole)	0.4	0.8	1.6	2
吸光值 595nm	0.070667	0.245333	0.693	0.956667

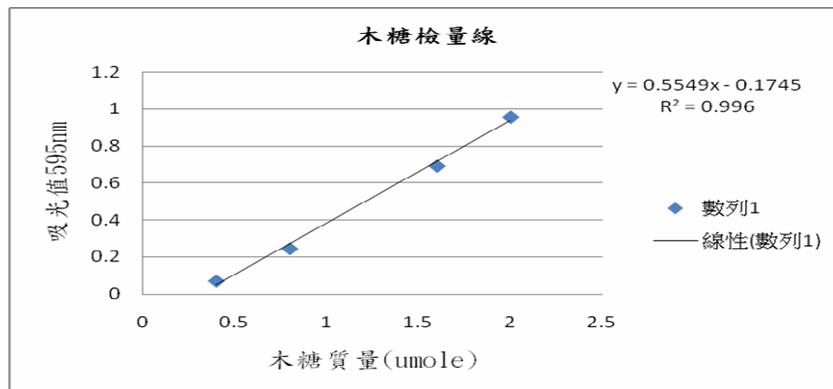


圖 25、還原糖法測出的吸光值與木糖的檢量線。

實驗一、灰衣魚的外部型態與細微構造觀察實驗

我們搜尋灰衣魚的相關資料並不齊全，所以我們除了研究有關灰衣魚腸道共菌的實驗外，希望能多累積灰衣魚的構造資料，利用解剖顯微鏡與掃描式電子顯微鏡觀察紀錄。

一、解剖顯微鏡之實驗步驟：

1. 取 95% 酒精及拭鏡紙，將所有鏡頭擦拭乾淨。
2. 將灰衣魚以培養皿裝著放在載物台上，觀察並記錄。

我們經過光學解剖顯微鏡的觀察後，有些部位還不是很清楚，所以我們決定用掃描式電子顯微鏡做進一步的觀察。

實驗二、木聚糖與纖維素分解菌株篩選實驗

依據王寶申(2007)纖維素分解菌的分離篩選研究，經塗菌、點菌、染色後，並計算透明圈之直徑(D)與菌落之直徑(d)，並換算兩直徑之比值(D/d)，得知菌分解能力的高低。

【塗菌步驟】：

1、取灰衣魚一隻放在瓷鉢中噴上酒精消毒，加做表面殺菌。取出

灰衣魚放在培養皿中解剖，取腸道，分別塗在三盤不同的培養皿中，然後再點菌中。拿去細菌培養室。

【點菌步驟】：

- 1、三盤培養皿的菌都培養好後，將三個培養皿放置無菌操作台上。
- 2、取出三盤含有木聚糖的培養皿和三盤含有纖維素的瓊膠培養皿〈52格〉。
- 3、將牙籤用過火消毒後，進行點菌。

◎剛果紅染色實驗原理：剛果紅可以跟大分子多糖牢固結合。纖維素酵素分解平板中的纖維素成小分子糖，那麼剛果紅無法與小分子糖結合，就被洗脫下來，呈現透明圈。在通常的纖維素剛果紅培養基篩選菌種的程式中，先用含有纖維素的平板培養菌，等菌長出來後，把菌體刮離，然後加入剛果紅染色 10-15 分鐘，再用 NaCl 沖洗 2-3 次，產生透明圈的就是能水解纖維素的菌。



圖 27、未染色的透明圈。



圖 28、剛果紅染色中。

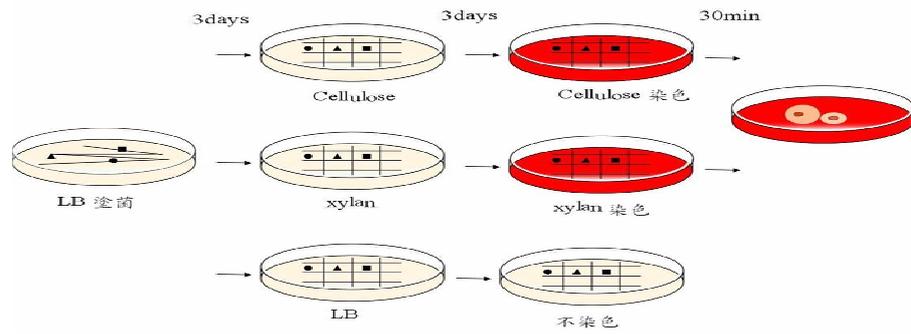


圖 29、剛果紅染色示意

【染色步驟】：

- 1、0.1%剛果紅 10 c.c 分別倒入添加木聚糖和纖維素的瓊膠培養皿中、直到剛果紅蓋過整個面積為止。放置水平翹翹板上 30 分鐘後，再將剛果紅倒掉倒入 1 N NaCl 在放置水平式翹翹板 10 分鐘。
- 2、在將以上步驟重覆三次，培養觀察鑑定此菌種是否為我們所需要的菌種。

下圖為菌培養的基本操作流程：依據菌落透明圈回到原始 plate 編號去分離菌株，在 26~28 °C下連續震盪培養 11 天，以利進一步檢定不同 pH 值下的活性。

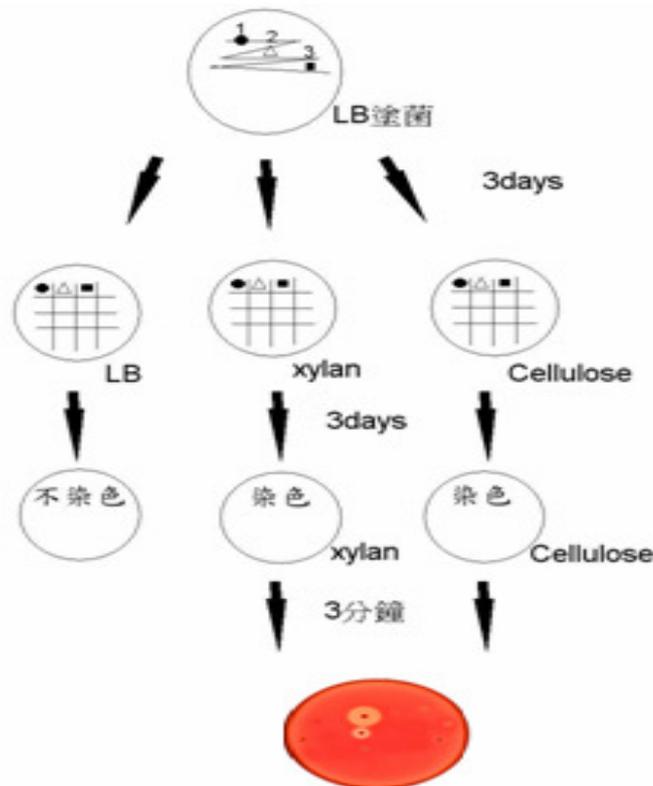


圖 30、菌的篩選流程圖¹²。

實驗三、在不同 pH 值下酵素活性測定

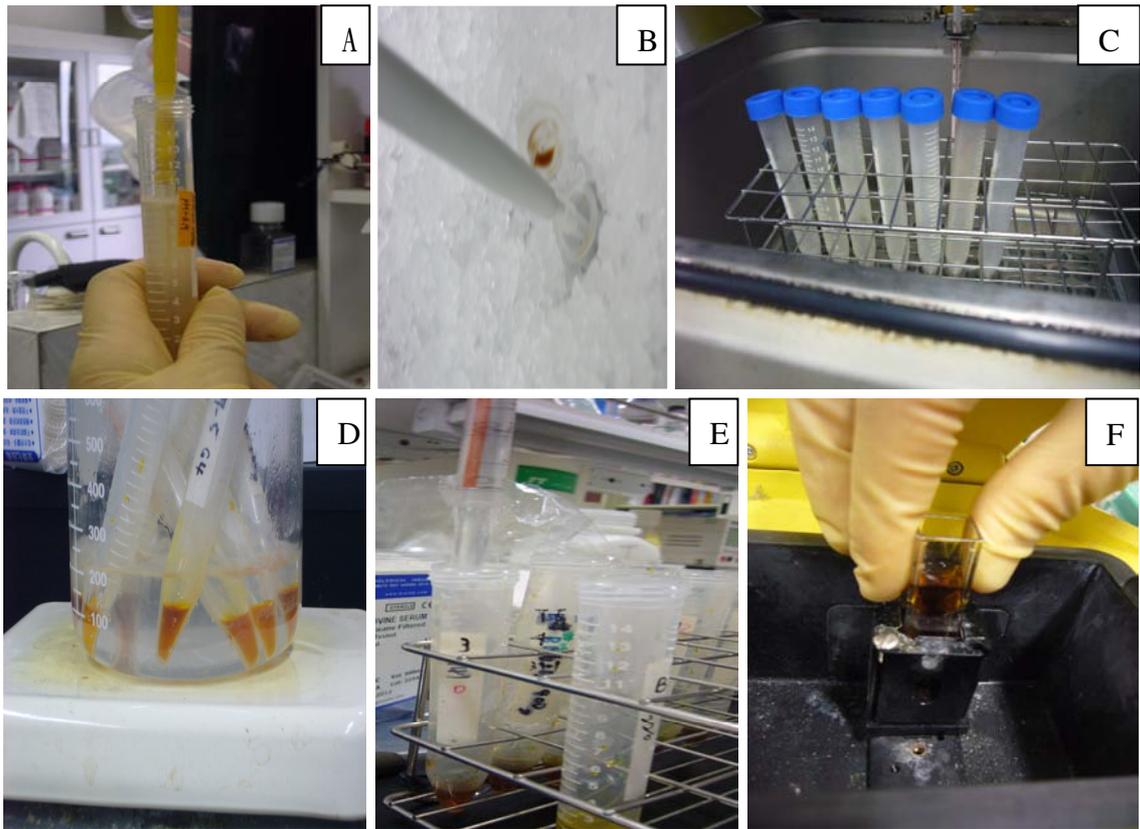


圖 31、不同 pH 值下酵素活性測定實驗流程

◎DNS 還原糖實驗原理：3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 試劑之反應是利用 DNS 具還原力之特性，因此碳水化合物只要具有游離或游離趨勢之醛或酮基，即能在鹼性溶液下有還原的能力而進行反應於一定範圍內，顏色的深淺強度和還原糖濃度成正比，故以標準葡萄糖檢量線來定量樣品中還原糖的比例。

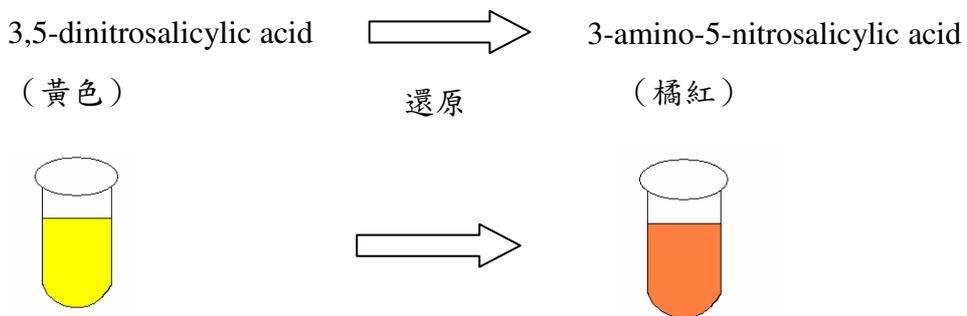


圖 32、還原糖濃度透過 DNS 法來檢驗

實驗四、稻桿、米糠、廢紙纖維素分解酵素糖化實驗

利用硫酸銨析出之細菌纖維素分解酵素(圖 33)，處理在稻桿、米糠、廢紙上，應用上述實驗之 pH 值設定為 pH3，溫度設定 50°C 進行，預期造成稻桿、米糠、廢紙結構上的崩解，理論上產生的糖越多，則可生產的酒精就越多。

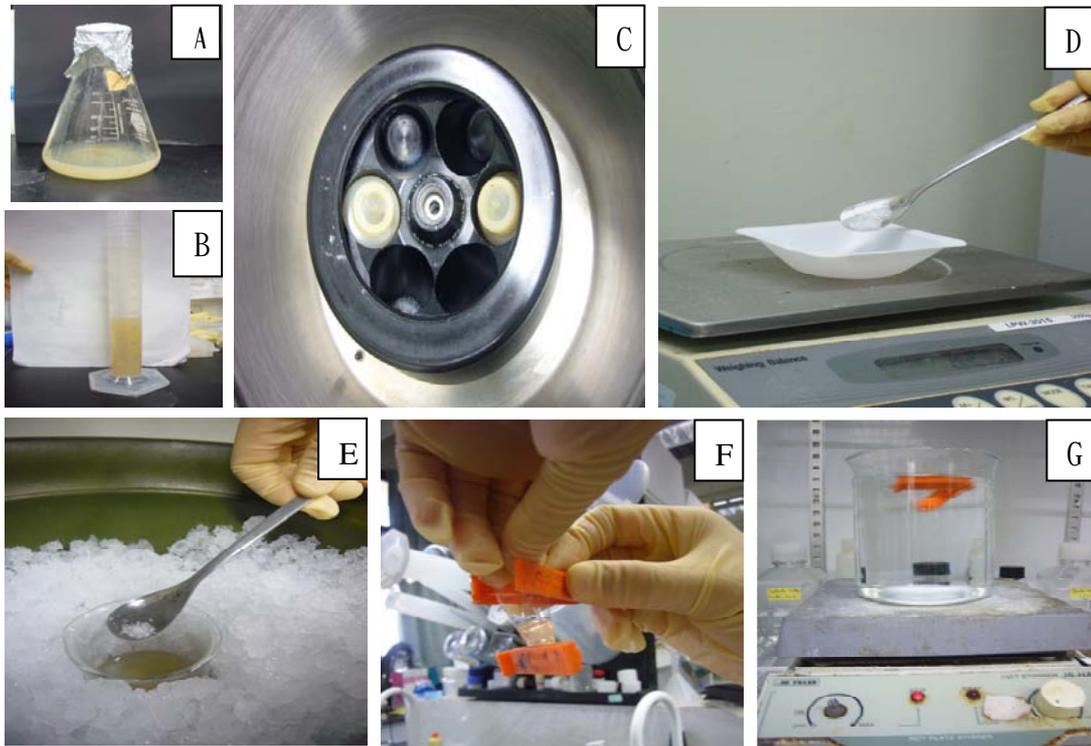


圖 33、硫酸銨沉澱法實驗過程。

(A、B)將培養的菌液倒出並測量體積；(C)將菌液離心；(D)秤出我們所需的硫酸銨；(E)將離心後的菌液倒入燒杯中，用冰桶裝並放在磁石加熱攪拌器上，分次加入離酸銨，待上次溶解後才可再加入下一次，直到硫酸銨全部溶解；(F)將溶液裝入透析模並以夾子將上下兩部分夾緊；(G)取一燒杯，裝入緩衝溶液 100c.c.並將菌液放入，再放置磁石加熱攪拌器上。第一次隔一小時換一次緩衝溶液，第二次再隔一小時換一次，第三次隔 12~16 個小時後，即可取出。

糖化實驗步驟：

1. 將樣品剪小，以增加作用的表面積，加入 3%NaOH (w/v) 前處理隔夜並在 65°C 下烘乾一天。在血清瓶中裝入欲水解的受質量，秤瓶重加上受質總重記為 W1。
2. 在 1. 中加入蒸餾水，以鋁箔封口後置於滅菌釜中 15 分鐘、120°C。滅菌後待血清瓶冷卻

至室溫，將每瓶秤重為 W2，扣掉應該加入的酵素，投入重量 W3，補加蒸餾水至反應體積。(1g 受質加入 0.2c.c 的酵素)。

- 將血清瓶置於 50°C、150rpm 恆溫水浴中，再加入酵素。在血清瓶中裝入受質和蒸餾水至覆蓋受質即可，但不加入酵素作為受質空白實驗。
- 每日以 DNS 還原糖法檢測，共記錄 9 天還原糖之濃度並紀錄受質的崩解效果。

表 2、實驗不同比例之配方一覽表

編號	配方比例 受質：稻桿、米糠、廢紙	溫度/pH 值
處理 1	3%NaOH 前處理+稻桿+蒸餾水(酵素空白對照)	50°C/pH3 *每一個處理皆 3 重覆
處理 2	3%NaOH 前處理+稻桿+酵素	
處理 3	3%NaOH 前處理+米糠+蒸餾水(酵素空白對照)	
處理 4	3%NaOH 前處理+米糠+酵素	
處理 5	3%NaOH 前處理+廢紙+蒸餾水(酵素空白對照)	
處理 6	3%NaOH 前處理+廢紙+酵素	

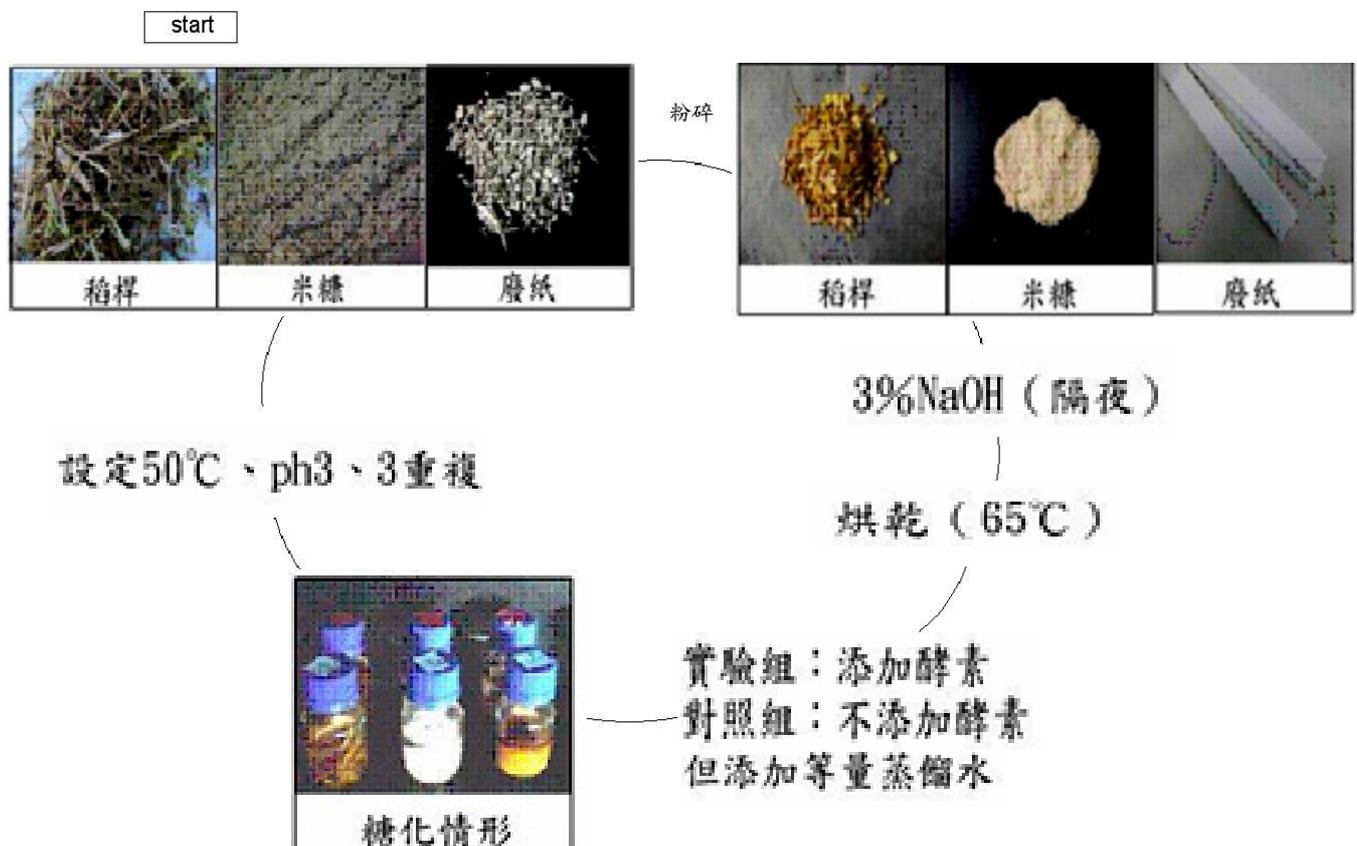


圖 34、酵素糖化實驗流程

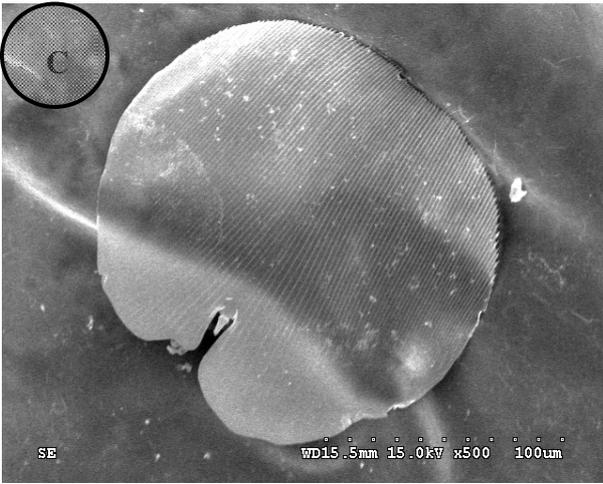
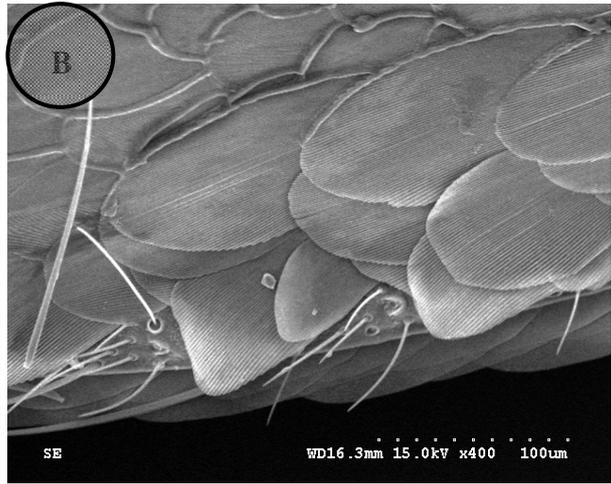
陸、研究結果與討論

實驗一、灰衣魚的外部型態與細微構造觀察

灰衣魚無翅且尾端具有一對長型尾毛及一根中央尾絲故被稱為「總尾目」或「纓尾目」。體型中庸呈現前窄背、腹壓扁，常有銀色鱗片。頭呈下口式至略為呈前口式；複眼為退化的小眼，單眼1-3個；觸角多節。口器為大顎式的，包括雙髻(雙關節)、大顎、小顎鬚5節。足具大型基節，跗節2~5節。腹部連同胸部呈現前寬後窄，至少在第7~9腹節，但有時第2~9腹節腹面具連有肌肉的腹足突起。鱗片內表面有許多向後導引的「鱗刻」(微刻紋)，卵可以在產卵管內移動。產卵管鱗刻依分類群不同而形狀不同(由板狀到針狀都有)，排列亦相異。

灰衣魚在光學電子顯微鏡之下：





圖、36 灰衣魚的鱗片

A、光學解剖顯微鏡下的灰衣魚鱗片。

B、電子顯微鏡下的灰衣魚鱗片。

C、電子顯微鏡下的灰衣魚鱗片。

說明：我們發現灰衣魚的鱗片形狀不只一種。例如 B 呈長條形，也有像 C 部分凹陷的圓形。

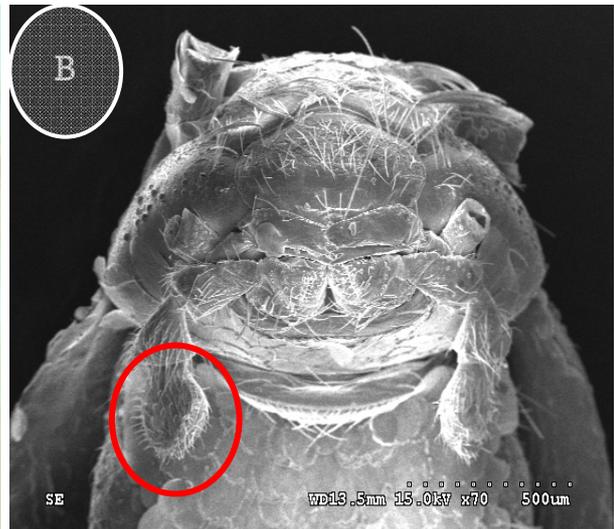


圖 37、灰衣魚的小顎鬚

A、光學解剖顯微鏡下的灰衣魚小顎鬚。B、電子顯微鏡下的灰衣魚小顎鬚。

說明：我們發現灰衣魚的小顎鬚是用來感覺食物的構造。

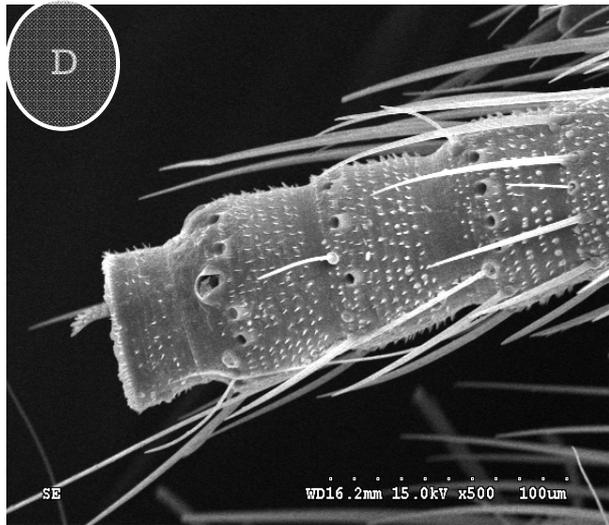


圖 38、灰衣魚的剛毛

A、在光學解剖顯微鏡下的衣魚。B、在電子顯微鏡下的衣魚

說明：由這兩張圖我們可以得知衣魚在不同部位下皆佈滿剛毛，因此我們可知衣魚的全身佈滿剛毛。

我們推斷衣魚的剛毛是用來感應外部構造。

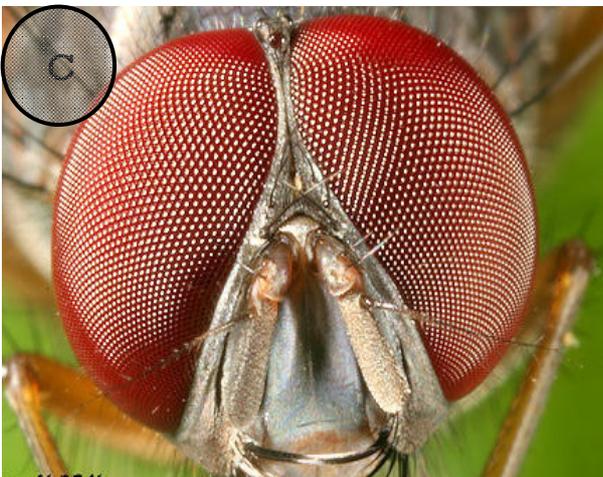
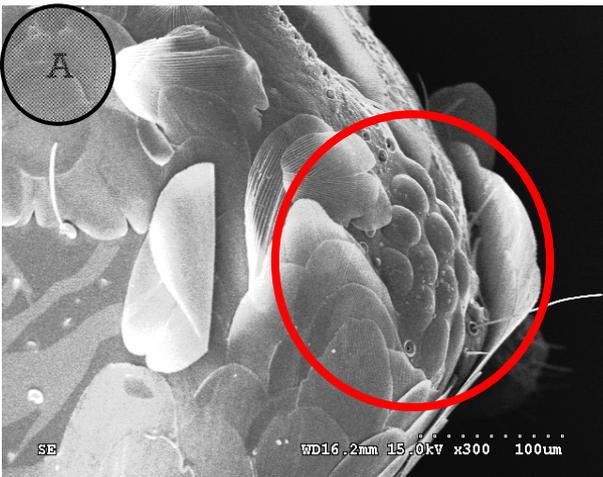


圖 39、灰衣魚的複眼

A、在電子顯微鏡下衣魚複眼。

B、在光學解剖顯微鏡下衣魚的複眼。

C、蒼蠅的複眼。

(<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/9402/a34.htm>)

說明；由 A 和 B 我們可以得知衣魚的複眼為圓形狀，而 C 為蒼蠅的複眼，可以看出跟衣魚的複眼有些許的不同。

實驗二、木聚糖與纖維素分解菌株篩選實驗結果與討論



圖 40、真菌 左圖為木聚糖培養基、右圖為纖維素培養基。

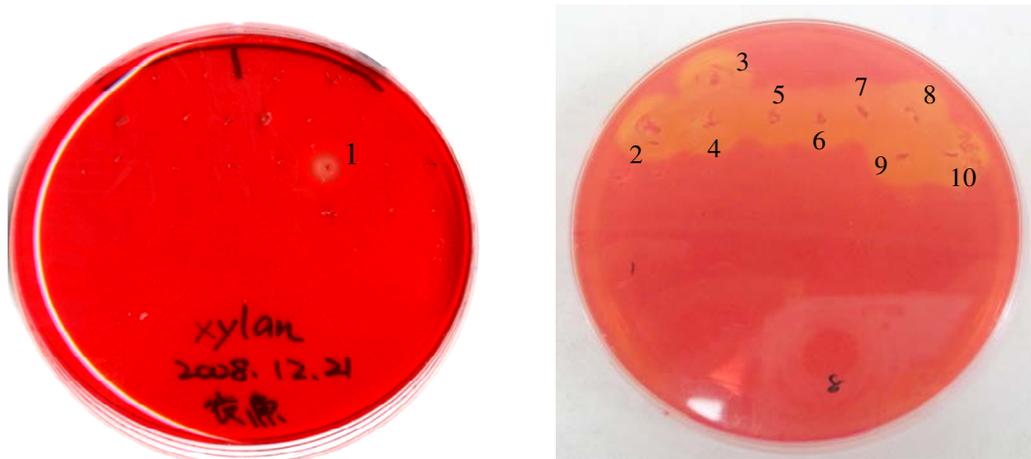


圖 41、細菌 左圖為木聚糖培養基、右圖為纖維素培養基。

1. 剛果紅染色後若菌株產生木聚糖分解酵素則在菌落周圍會出現清晰的透明圈，透明圈直徑及其與菌落直徑之比的大小可作為挑選產酵素量高的菌株依據。經過剛果紅染色，得到 6 株具有分解木聚糖能力的菌、1 株具有分解纖維素能力的菌，其中透明圈直徑與菌落直徑比 (D/d) 在 3 以上的真菌有 6 株，細菌有 5 株(表 3)。

表 3、剛果紅篩選的菌株的結果

菌株代號	透明圈直徑 D/mm	菌落直徑	D/d
真菌 1	30	8	3.75
真菌 2	30	3	10
真菌 3	25	3	8.33
真菌 4	30	2	15
真菌 5	15	2	7.5
真菌 6	23	3	11.3
細菌 1	13	3	4.6
細菌 2	14	5	2.8
細菌 3	14	5	2.8
細菌 4	14	4	3.5
細菌 5	15	4.5	3.3
細菌 6	16	4	4
細菌 7	12	5	2.4
細菌 8	16	7	2.3
細菌 9	16	5	3.2
細菌 10	16	7	2.3

2. 由表 3 可知真菌編號 2,3,4,5,6 酵素活性較高，真菌 1 活性較低。而細菌 1,6 具有較高酵素活性，兩者活性皆為 4 以上。
3. 細菌利用 16SrDNA；真菌利用 18S rDNA 品種鑑定，得知菌落為真菌和細菌，特別感謝中正大學生命科學系曾銘仁教授協助鑑定。
4. 進一步鑑定得知所得的真菌 1~6 皆屬於同種真菌；細菌為 1~10 皆屬於同種細菌。
5. 由上述可知灰衣魚腸道內確實具有能夠分解木聚糖與纖維素的共生細菌與真菌。

實驗三、在不同 pH 下酵素活性測定結果與討論

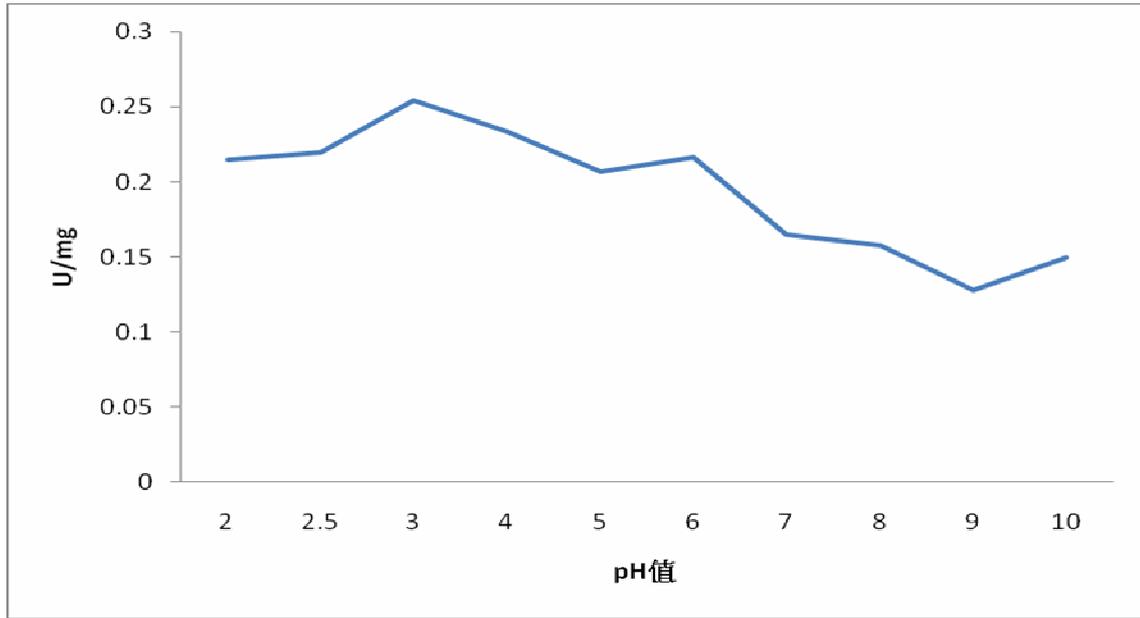


圖 42、不同 pH 值下纖維素酵素的活性。

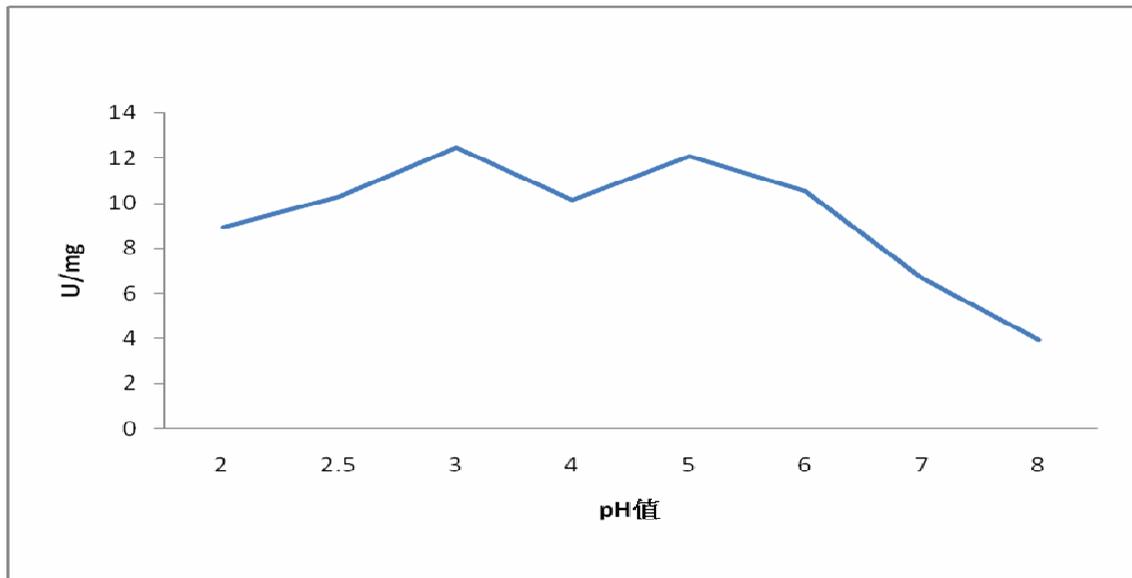


圖 43、不同 pH 值下木聚素酵素的活性。

1. 根據圖 42 得知，纖維素分解酵素在 pH3 下有較高的活性。
2. 根據圖 43 得知，木聚糖分解酵素活性最高在 pH3，pH5 下的活性次之，據此可以推論纖維素分解酵素與木聚糖分解酵素皆是偏酸性的。

實驗四、稻桿、米糠、廢紙之分解酵素糖化實驗結果與討論

1. 觀察受質的崩解效果，以”+”的多少來表示受質崩潰程度，”+”越多，代表該菌株的降解效果越強，”+”四角變薄，”++”蓬鬆，已變形”+++”網狀碎片，細粉末++++。由上圖觀察到稻桿分解程度為++，米糠分解程度為++，廢紙分解程度為++++，三者比較以分解廢紙效果最佳（圖 44）。

2. 圖 44 觀察到剩餘未崩解的殘渣可能為不被分解之物質，顯示無法 100% 完全利用。

3. 由圖 45 得知廢紙的分解效果最佳，其次是稻桿，最後才是米糠。

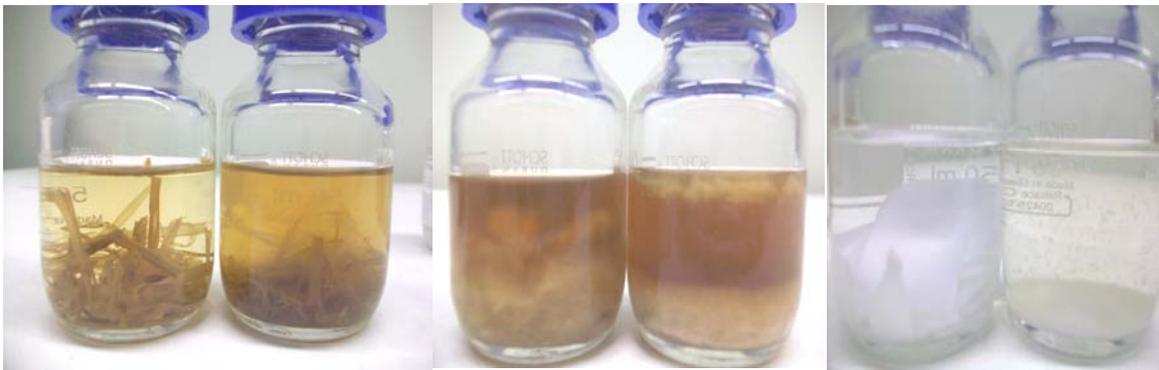


圖 44、不同受質的崩解效果觀察比較（由左而右分別為稻桿、米糠、廢紙）。

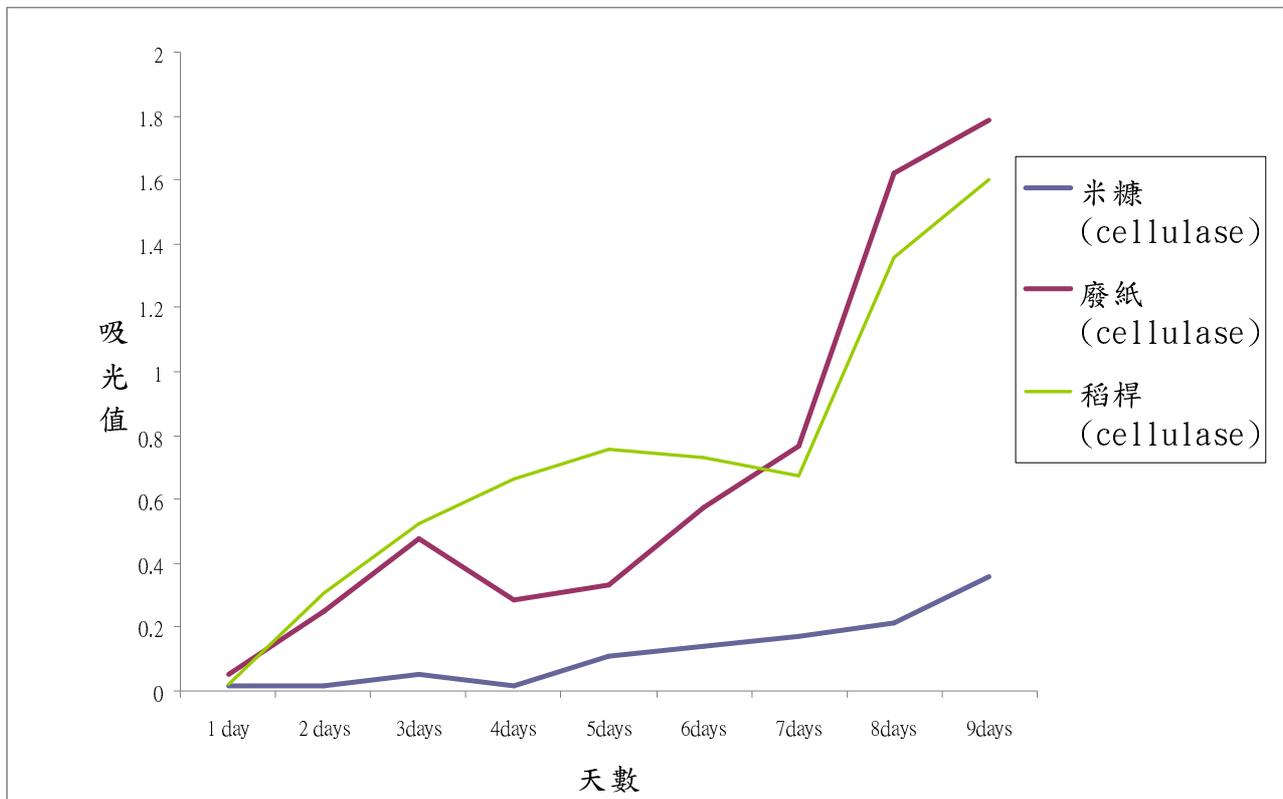


圖 45、纖維素分解酵素作用於不同受質下之吸光值比較。

柒、研究結果與論

1. 發現灰衣魚的步足有特別的跗爪構造，與兩種不同的鱗片，是非常有趣的部份，可幫助我們更瞭解生物構造的獨特性。
2. 灰衣魚腸道內具有能夠分解木聚糖與纖維素的真菌與細菌。
3. 生化特性方面，纖維素分解酵素的最適作用 pH 值為 3，木聚糖分解酵素的最適作用 pH 值為 3。
4. 分離自灰衣魚腸道的纖維素分解酵素，確實能夠將稻桿、米糠、廢紙分解，其中以廢紙效果最佳；其次是稻桿；最後是米糠。可知稻桿與米糠中仍然有非纖維素之物質，未來可研究將稻桿與米糠 100% 分解的其他酵素，才可將生質能的效益提高。

捌、參考文獻

1. 科學月刊 (2006)。下一站，生質能。初版。台北市：科學月刊雜誌社 (2006 年 8 月) 440 期。578~596 頁。
2. 莊榮輝 主編 (2000) 酵素化學實驗。台灣大學農化系。(76~81 頁)。
3. 王立禾 (1977) 酵素動力學。阮立翻譯，蛋白質構造與功能。台南市：復漢出版社。133~148 頁。取自：
<http://www.excellence.fju.edu.tw/plan/2.1.1.c/content04/html/53.htm>。
4. III-1 第九次實驗課程—材料之還原糖定量 (DNS 法) (05/01、05/04、05/05)
取自：http://ind.ntou.edu.tw/~kongzl/exp-biochemIII_1.doc。
5. 盧雅雯、范繼中、吳純衡 水產加工組 (2007)。綠色能源—生質能之發展。行政院農委會水產試驗所，水試所電子報，(2007 年 3 月 15 日) 取自：
<http://www.ceps.com.tw/ec/ecjnlarticleView.aspx?jnliid=1238&issueid=7652&atliid=91894>。
6. 樂等。分解纖維素的微生物的分離。山東大學生命科學學院 2005 級生科基地班，濟南 250100。
7. 江等 (2006)。分解酒糟生物質的纖維素酶生產菌的篩選研究。淮海工學院學報 (自然科學報) 第 15 卷、第 4 期(2006 年 12 月)。(文章編號：1672-6885(2006) 04-0051-04)，51~54 頁。
8. 王寶申(2007)纖維素分解菌的分離篩選研究。遼寧省果樹科學研究所，天津市農業科學 (2007).13(4)，50~52 頁。
9. 潭等(2007)。纖維素分解混合菌群腐解稻草的使用技術研究。湖南農業大學資源環境學院，生態環境 (2007) 16(2)，(文章編號：1672-2175(2007)02-0573-06)，573~578 頁。
10. 嘎嘎昆蟲網 圖 39、蒼蠅的複眼 <http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/9402/a34.htm>。

【評語】 030314

整體實驗架構清晰完成，報告詳實，惟宜加強對實驗內容的深入了解，並多方練習口頭報告技巧，若能進一步研究篩選所得之微生物，應可獲得良好結果。