

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030201

「菇」「果」之「膠」-探討百香果果膠與香菇
幾丁聚醣複合物性質

學校名稱：南投縣立大成國民中學

作者： 國二 陳 琳 國二 黃怡婷	指導老師： 鄭定祐 徐敏益
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：幾丁聚醣、果膠、纖維素

摘要

百香果皮、菇類和茭白筍殼為常見農業廢棄物，我們從百香果皮萃取出果膠，菇類萃取幾丁聚醣，改變幾丁聚醣與果膠的比例合成不同複合物，測量對水、油及染料的吸附，當複合物果膠的比例增加，吸水和油的比率會上升，亞甲藍及甲基藍均以物理吸附為主，隨果膠添加量增加，亞甲藍在 1:3 後低濃度有化學吸附；將不同纖維長度的茭白筍殼製成紙作為基材，複合物塗佈在紙上測吸水、吸油和作用力，當筍殼紙纖維越長拉力會越大，但厚度也越厚，故應力反而越小；筍殼紙添加複合物後吸水和吸油性質會受到共同的影響，吸水和吸油率在複合物 1:5 時最佳，而筍殼纖維 1cm>打散；筍殼紙添加複合物後打散纖維的拉力有明顯提升，但筍殼纖維 1cm 則無明顯提升。

壹、研究動機

某天，朋友邀請我到她家作客，她家世代務農，種植了茭白筍、香菇與百香果這類埔里盛產的農作物，她說他們將農產品加工之後，會在間很大的倉庫處理農業廢棄物，例如茭白筍的殼、百香果果殼、賣相較差的香菇，而每年那些垃圾都會帶來麻煩，除了占空間以外，也會帶來許多的蚊子、蒼蠅，每次他們都十分困擾著不知該如何是好，身為她長久以來的朋友，我決定要想辦法幫忙他們解決長久以來的問題，對此她也有濃厚的興趣，我們就展開了今年的實驗。

貳、研究目的

- 一、測量百香果的各組織比例及果皮所含果膠量。
- 二、測量菇類的含水率及乾燥後的香菇幾丁質含量。
- 三、探討香菇幾丁聚醣與百香果果膠複合物吸附性質(水、油及染料)。
- 四、探討茭白筍殼紙的纖維長度在作用力、吸水及吸油的影響。
- 五、探討添加幾丁聚醣與果膠複合物的紙在作用力、吸水及吸油的影響。

叁、研究設備及器材

一、實驗設備

			
恆溫槽	加熱板	電子秤	光度計
			
果汁機	游標尺	拉力計	烘乾機

二、實驗材料

			
茭白筍殼	香菇	秀珍菇	洋菇
			
金針菇	木耳	杏鮑菇	百香果

三、實驗器材

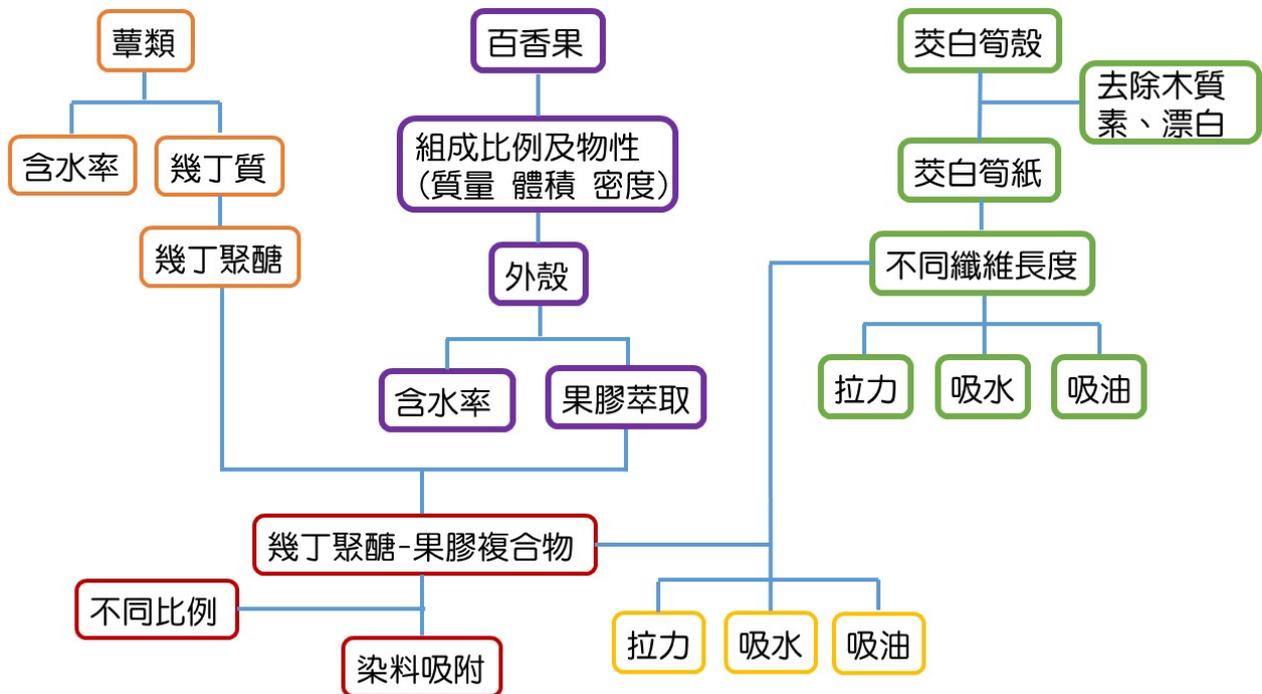
瓷漏斗、濾紙(90mm)、漏斗、燒杯(100、250、500、1000mL)、滴管、量瓶(100mL、500mL)、離心管、量筒(100mL)、培養皿、微量滴管(0.1mL、1mL)。

四、實驗藥品

蒸餾水、氫氧化鈉、雙氧水、鹽酸、醋酸、酒精(95%)。

肆、研究過程或方法

一、實驗流程：



二、實驗步驟：

(一) 實驗一：測量百香果的各組織比例(質量、體積、密度)

1. 測量整顆果實：將百香果蒂頭去除、洗淨並擦乾後測其質量，再使用排水法測量其體積(圖 1a)，由質量和體積比值可得果實密度。
2. 測量果肉：將果實剖開取出果肉(圖 1b)，測其質量後再於量筒中測其體積(圖 1c)，依比值可得果實密度。
3. 測量外殼：將取出果肉的外殼留下，依步驟 1 方法可得質量、體積和密度。

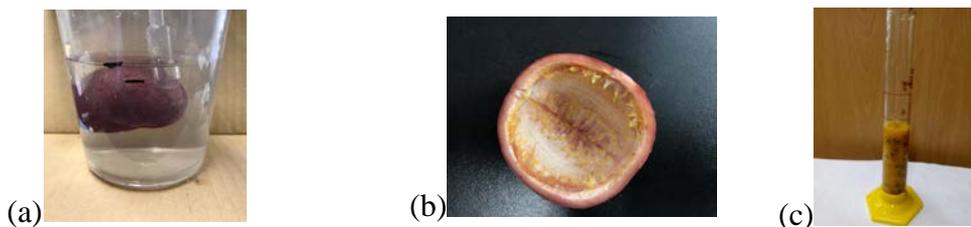


圖 1 (a)排水法測百香果體積 (b)百香果剖半結構 (c)量筒量測果肉體積

(二) 實驗二：測量百香果殼含水率及果膠比例(圖 2a~圖 2f)

1. 將百香果殼洗淨擦乾後測其質量，在將果殼烘乾後測其質量，依下列公式求出

$$\text{含水率} = \frac{\text{原重} - \text{乾重}}{\text{原重}}$$

2. 取 100g 果殼加入水 500mL，在 100°C 下加熱 60 分鐘，待冷卻後以棉布過濾，過濾後的濾液再以 100°C 下加熱濃縮至 100mL，待冷卻後加入酒精 100mL，產生果膠凝聚浮在液面。以分液漏斗去除下層雜質，再以 70%酒精清洗果膠去除附著色素，再以離心機將果膠與液體分離，將果膠乾燥後秤重，即可求出果膠比例。

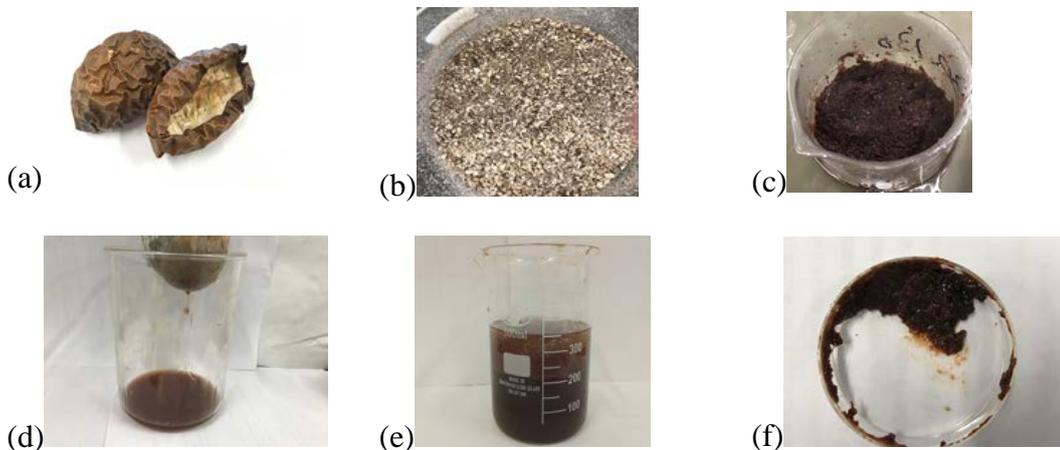


圖 2 (a)乾燥百香果殼 (b)乾燥百香果殼打碎 (c)百香果殼煮過冷卻 (d)棉布過濾
(e)加入酒精凝聚 (f)乾燥後的果膠

(三) 實驗三：常見市售菇類的含水百分比(圖 3a~圖 3f)

1. 我們在市場中挑選幾種常食用的菇類，如香菇、秀珍菇、洋菇、金針菇、木耳和杏鮑菇。

2. 將菇類去除根部雜質並洗淨、瀝乾後測其原重，再經烘乾後測量其乾重。

3. 將原重扣除乾重可得其含水量，再由與原重比可的其含水百分比(圖)。

$$\frac{\text{含水量}(\text{原重} - \text{乾重 } g)}{\text{原重}(g)} = \text{含水百分比}(\%)$$





圖 3 烘乾後的菇類 (a)香菇 (b)秀珍菇 (c)洋菇 (d)金針菇 (e)木耳 (f)杏鮑菇；菇類乾燥後體積明顯縮小。

(四) 實驗四：製備香菇幾丁聚醣(顏，2005)

1. 香菇預處理：將碎香菇置於烘箱中在 70°C 下乾燥後，取出磨碎經篩網篩過後，乾燥保存備用(圖 4a)。
2. 香菇幾丁質製備：取出乾燥的香菇粉末加入 1M 鹽酸溶液（固液比 1:30）於室溫下浸泡 1 日，以去除礦物質(圖 4b)。經清洗過濾後，再與 1M 氫氧化鈉溶液（固液比 1:10）於 100°C 下加熱 3 小時去除蛋白質。經清洗過濾後，將沉澱物以蒸餾水水洗至中性，即為香菇粗真菌幾丁質(圖 4c)。
3. 香菇粗真菌幾丁質脫色處理：將香菇粗真菌幾丁質加入雙氧水 5%(圖 4d)，經一天浸泡脫色後，再過濾後以蒸餾水將幾丁質水清洗至中性，乾燥後備用(圖 4e)。
4. 香菇幾丁聚醣之製備：秤取香菇幾丁質，以氫氧化鈉溶液 50%，分別以 1:30 固液比（g/ml）於 100°C 下加熱 3 小時去乙醯反應，進行過濾並以蒸餾水洗至中性，經乾燥後即可得香菇幾丁聚醣(圖 4f)。

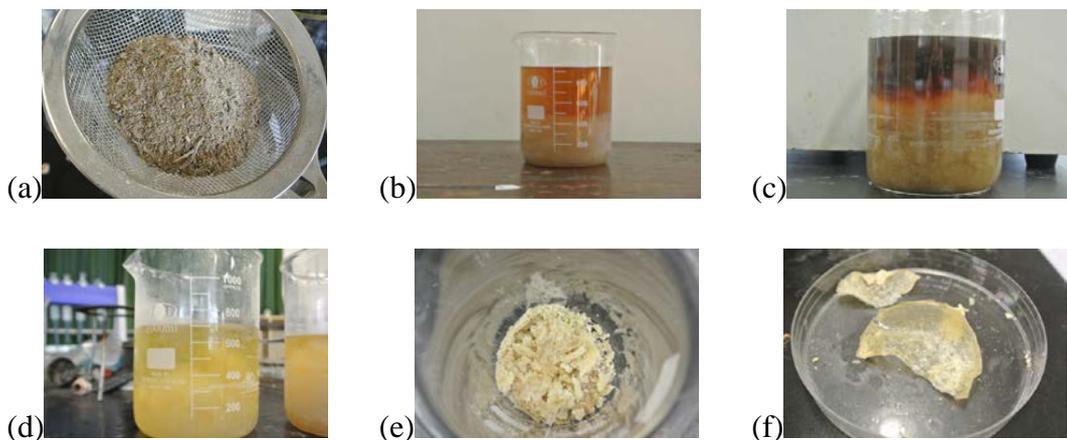


圖 4 (a)濾網篩選 (b)加酸去除礦物質 (c)加鹼去除蛋白質 (d)加雙氧水脫色 (e)香菇幾丁質 (f)香菇幾丁聚醣

(五) 實驗五：幾丁聚醣與果膠複合物製作(丁，2014)

1. 將上述所製成的香菇幾丁聚醣磨碎後備用，再以 1% 的醋酸溶液配置成 1% 的幾丁聚醣醋酸溶液。
2. 配製 4% 的百香果果膠水溶液，攪拌下將果膠水溶液加入幾丁聚醣醋酸溶液中，依幾丁聚醣與果膠質量比為 2:1、1:1、1:2、1:3、1:4、1:5 配製，並繼續攪拌 2 小時，將得到的白色絮狀物離心取出後，烘乾再以蒸餾水清洗殘留的醋酸，乾燥後備用。

(六) 實驗六：探討幾丁聚醣與果膠複合物對亞甲藍吸附情形

1. 幾丁聚醣與果膠複合物吸水率

取約 0.1g~1g 不同比例的乾燥複合物置於盛水培養皿中，待靜置 1 日後測其重，並與原重比較求得其吸水率。

2. 幾丁聚醣與果膠複合物對亞甲藍吸附情形

- (1) 配製 10ppm 的亞甲藍標準液，測量其最大吸收波長。
- (2) 配製 1~10ppm 的亞甲藍溶液，製作濃度對吸收度的檢量線。
- (3) 調製濃度 10、15、20、25、30、35、40、45、50ppm 的亞甲藍液 100mL，將 0.1g 不同比例的複合物與調製好的亞甲藍液放置於錐形瓶靜置一天。
- (4) 經過濾後測其溶液吸收度，經檢量線換算可得濃度，再帶入 **Freundlich** 及 **Langmuir** 等溫吸附方程式得到吸附模式。

(七) 實驗七：幾丁聚醣與果膠複合物對甲基藍吸附情形

1. 幾丁聚醣與果膠複合物對甲基藍吸附情形

- (1) 配製 100ppm 的甲基藍標準液，測量其最大吸收波長。
- (2) 配製 25、50、75、100、125ppm 的甲基藍溶液，製作濃度對吸收度的檢量線。
- (3) 調製濃度 20、25、30、35、40、45、50ppm 的甲基藍液 100mL，將 0.1g 不同比例的複合物與調製好的甲基藍液放置於錐形瓶靜置一天。
- (4) 經過濾後測其溶液吸收度，經檢量線換算可得濃度，再帶入 **Freundlich** 及 **Langmuir** 等溫吸附方程式得到吸附模式。

(八) 實驗八：茭白筍殼紙吸水和吸油測試(徐，2015)

1. 取茭白筍殼於烘箱中在 70°C 下烘乾，將烘乾後的茭白筍殼打散及剪成 1cm、

1.5cm、2cm、2.5cm 等不同長度，收集後備用(圖 5a)。

2. 剪裁切後的乾燥茭白筍殼加入 2.5M 的氫氧化鈉水溶液中後，在 100°C 下加熱以去除木質素(圖 5b)。

3. 將鹼液中的茭白筍殼纖維經由過濾洗淨後，加入 5% 的雙氧水浸置一夜後漂白，待反應完後取出以槌子敲打，將纖維打散可得到茭白筍殼紙漿(圖 5c~圖 5e)。

4. 將紙漿放入抄紙框中抄紙，將水分瀝乾後以棉布吸除多餘水分，經乾燥後可得到茭白筍殼紙(圖 5f~圖 5g)。

2. 水的吸附測試：

使用取不同長度的筍殼紙(打散、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm)進行實驗，放置在包括 100 mL 測試水的燒杯中，15 min 後用鑷子取出，求出其的吸水倍率。

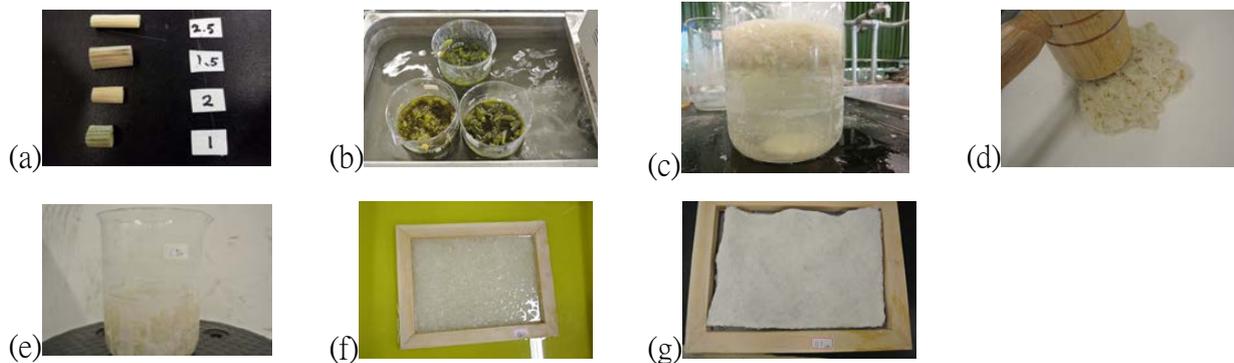


圖 5 (a)不同長度乾燥筍殼 (b)加熱解纖 (c)清洗纖維 (d)敲打散漿 (e)漂白 (f)抄紙 (g)乾燥取出

2. 水的吸附測試：

使用取不同長度的筍殼紙(打散、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm)進行實驗，放置在包括 100 mL 測試水的燒杯中，15 min 後用鑷子取出，求出其的吸水倍率。

$$\text{吸水倍率} = \frac{m_{w15} - m_w}{m_w}$$

式中： m_w 為吸水前樣品質量； m_{w15} 為吸水後靜置 15 min 時樣品的質量。

3 油的吸附測試：

使用取不同長度的筍殼紙(打散、1cm、1.5cm、2cm、2.5cm)進行實驗，放置在包括 100 mL 測試油的燒杯中，15 min 後用鑷子取出，求出其的吸水倍率。

$$\text{吸油倍率} = \frac{m_{f15} - m_f}{m_f}$$

式中： m_f 為吸油前樣品質量； m_{f15} 為吸油後靜置 15 min 時樣品的質量。

(九) 實驗九：茭白筍殼紙拉力測試

1. 將纖維長度不同的茭白筍殼紙剪成 2cm*6cm，將前後 1cm 以夾具夾緊，置於拉力計上緩緩增加施力，待斷裂瞬間測其拉力。
2. 將相同纖維長度的紙摺疊數次，以游標尺測其厚度，再除以紙張數即可得到單張紙平均厚度，經數次測量求其平均值，即可得到單張紙的平均厚度。
3. 再由下列公式即可求出其應力大小：

$$\text{應力} = \frac{\text{拉力(kgw)}}{\text{截面積(cm}^2\text{)}}$$

(十) 實驗十：茭白筍殼紙添加幾丁聚醣吸水、吸油及拉力測試

1. 取打散及 1cm 的茭白筍殼紙 2cm*6cm 數張，再將純幾丁聚醣及不同比例的複合物膠體塗佈在茭白筍殼紙上，待乾燥後再做吸水、吸油及拉力測試。
2. 吸水測試：吸水 15 分鐘：將添加不同比例複合物的茭白筍殼紙依實驗八的作法，在水中吸水 15 分鐘後取出，15 分鐘後測其吸水比例。
3. 吸油測試：依實驗八的作法，添加不同比例複合物的茭白筍殼紙在油中吸油 15 分鐘後取出，15 分鐘後測其吸油比例。
4. 拉力測試：依上述步驟，添加不同比例複合物的茭白筍殼紙以拉力計測拉力。
5. 以上實驗均需多次測量求其平均值及標準差。

伍、研究結果

一、百香果的各組織比例(質量、體積、密度)

由百香果組成來看(表 1)，其**密度**果肉 > 果皮 > 果實；組成**質量**果皮(52.25%) > 果肉(47.75%)，但質量相近；組成**體積**果皮(61.75%) > 果肉(59.57%)，明顯高許多(圖 6)。

表 1 百香果的各組織比例

組織	質量(g)	體積(cm ³)	密度(g/cm ³)
果實	79.326±5.288	128±15	0.637±0.075
果肉	37.5928±3.820	36±4	1.035±0.020
果皮	41.132±3.785	59±13	0.702±0.147

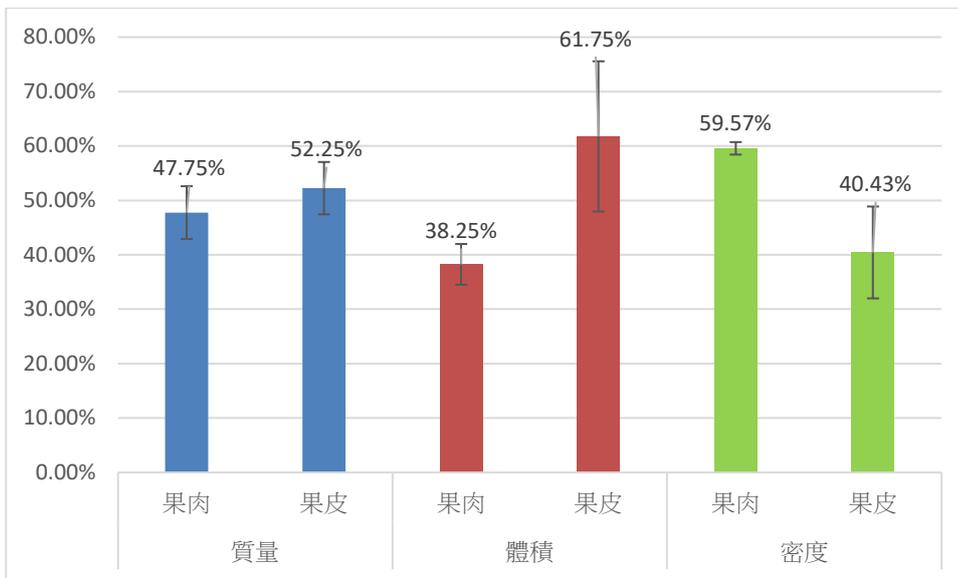


圖 6 百香果組織質量、體積和密度比

二、百香果殼含水率及果膠比例：

百香果殼中水佔 84.57%，其他成分佔 15.43%，顯示百香果殼中水分佔了大部分，而萃取果膠僅佔 2.59%，約為乾燥果殼總重的 20%(圖 7)。

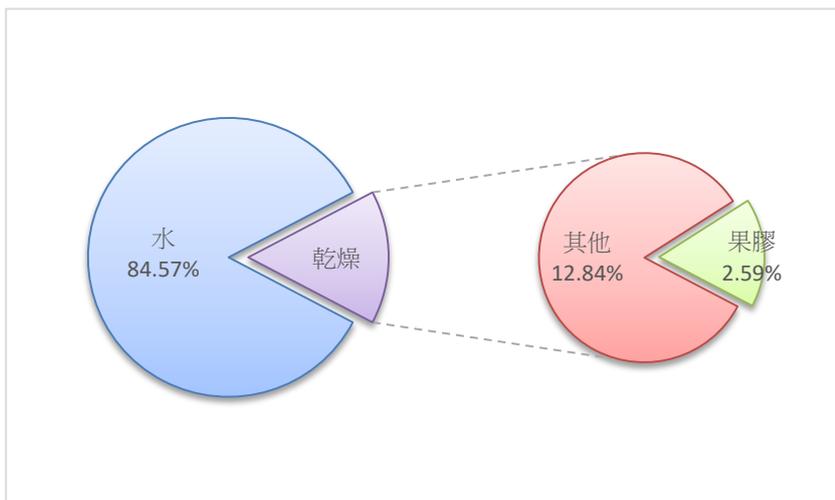


圖 7 果殼含水率及果膠比例

三、常見市售菇類的含水率：

常見市售菇類烘乾後外觀上會明顯縮小，經實際測量後，每 100g 的乾重(圖 8)以香菇最高(9.980g)，而金針菇最低(6.083g)，由原重和乾重可求其含水率(%)，含水率如圖 9 所示，含水率最低的香菇也有 90.02%，最高則為金針菇 93.92%，含水百分比均在 90% 以上。

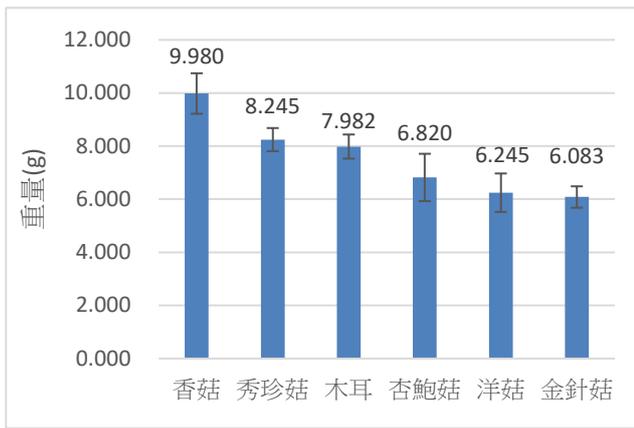


圖 8 常見菇類每 100g 乾重

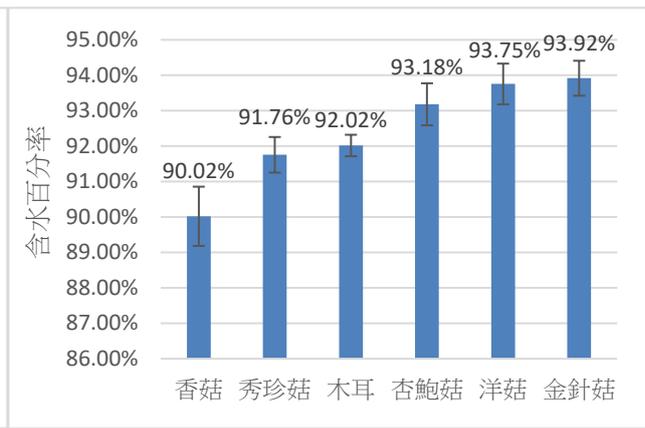


圖 9 常見菇類含水率

四、香菇中幾丁質含量：

由表 2 中可知，香菇中幾丁質比率(乾重/幾丁質重)由 15.07%~22.91%不等，其平均值為 $19.05 \pm 3.31\%$ ，約為其乾重的 1/5，香菇乾重的 C.V. 值為 9.96%，而其幾丁質重的 C.V. 值卻達 23.49%。

表 2 香菇(150g)中幾丁質含量

次數	乾重(g)	幾丁質重(g)	幾丁質比率(%)
1	16.623	3.810	22.91
2	14.290	3.130	21.90
3	13.835	2.105	15.22
4	14.300	2.155	15.07
5	20.863	3.225	19.12
6	21.280	3.465	20.05
平均	15.532 ± 1.546	2.982 ± 0.700	19.05 ± 3.31
C.V.	9.96%	23.49%	17.36%

五、幾丁聚醣與果膠複合材料性質：

(一) 幾丁聚醣添加果膠後凝聚結果

幾丁聚醣在添加果膠後會立即凝聚起來，產生白色絮狀物懸浮在其中，隨果膠添加量增加，其複合物的產量也會隨之增加(圖 10a~圖 10f)。





圖 10 複合物比例(幾丁聚醣：果膠) (a)2:1 (b)1:1 (c)1:2 (d)1:3 (e)1:4 (f)1:5

(二) 幾丁聚醣與果膠複合材料吸水率(圖 11)

純幾丁聚醣的吸水率最好，吸水率可達 27.928(g/g)，在添加果膠後吸水率反而降低，幾丁聚醣與果膠比例為 2:1 時其吸水率最低為 4.152(g/g)，隨果膠添加量增加，其吸水率會隨之上升，比例為 1:5 時可達 8.127(g/g)，但仍小於純幾丁聚醣。

(三) 幾丁聚醣與果膠複合材料吸油率(圖 12)

純幾丁聚醣與複合物 2:1 時吸油率最高，複合物在 1:1 時吸油率最低為 0.300(g/g)，但隨果膠添加量增加，吸油率亦隨之上升，在 1:5 時可達 0.614(g/g)。

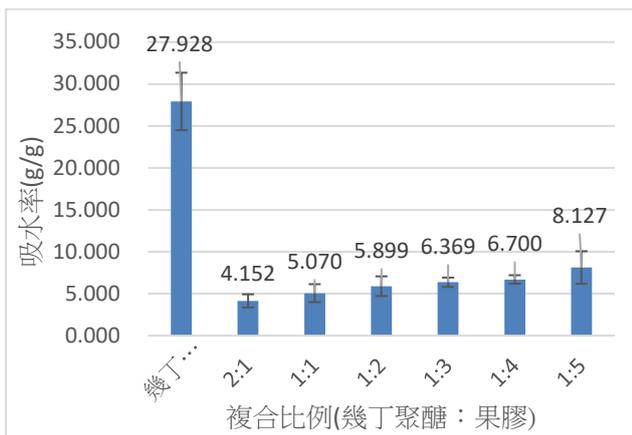


圖 11 複合比例果膠吸水率

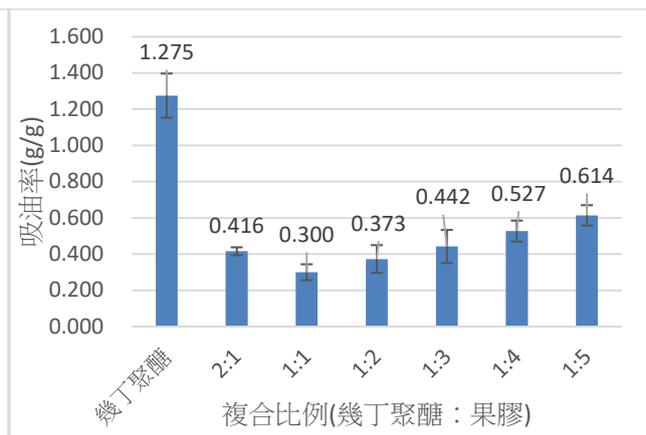
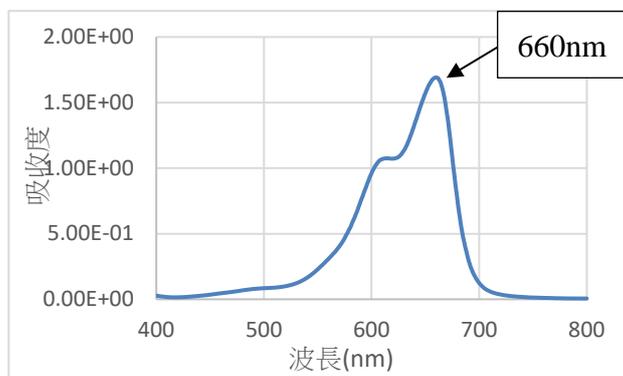


圖 12 複合比例果膠吸油率

六、幾丁聚醣與果膠複合材料對亞甲藍吸附能力

(一) 測量亞甲藍在 10ppm 下最大吸收波長(圖 13)



最大吸收波長為 660nm

圖 13 亞甲藍在 10ppm 最大吸收波長

(二) 亞甲藍吸收度對濃度檢量線

如圖 14a 在高濃度下，其吸收度有明顯偏差，在低濃度下 (<10ppm) 才會呈線性關係(圖 14b)，故之後實驗吸附後溶液若在高濃度下，需經過稀釋在 10ppm 下再進行測量。

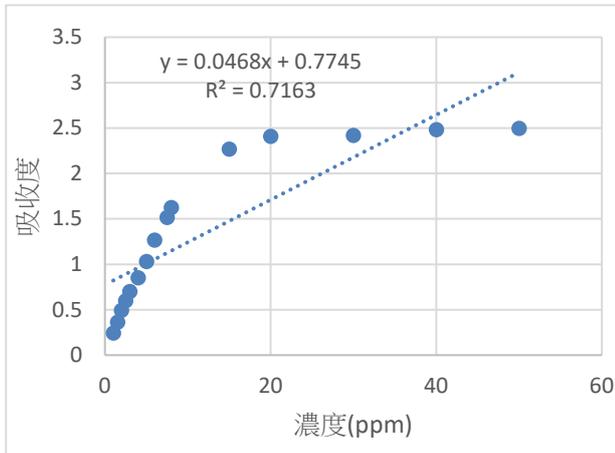


圖 14(a) 亞甲藍 1~50ppm 檢量線

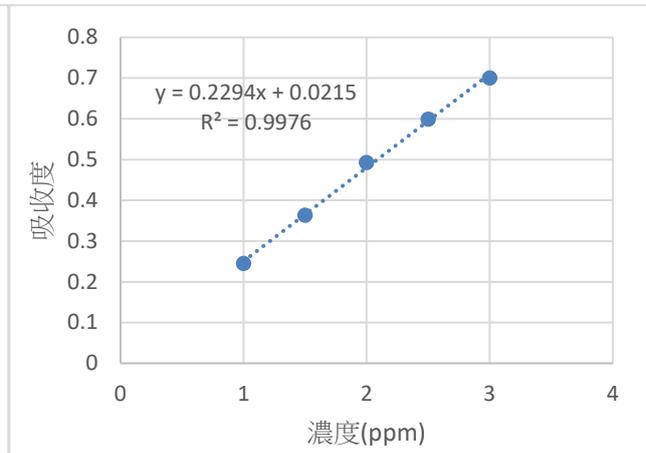


圖 14(b) 亞甲藍低濃度下檢量線(1~3ppm)

1. 純幾丁聚醣

由圖 15a 可知，吸附平衡濃度與原濃度呈線性關係，顯示溶液原濃度越高，吸附平衡濃度越大，再由圖 15b 可知，其吸附量與原濃度的 $R^2=0.9834$ ，吸附量亦與原濃度有關，由 Freundlich 吸附平衡方程式(圖 15c)可知 $R^2=0.9646$ ，再由 Langmuir 等溫吸附方程式分析(圖 15d)可知 $R^2=0.5458$ ，故幾丁聚醣對亞甲藍的吸附比較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

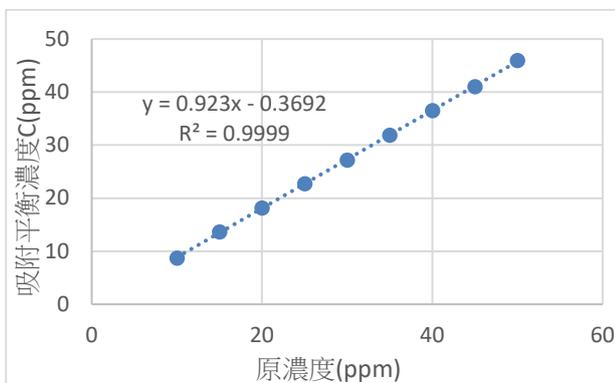


圖 15(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

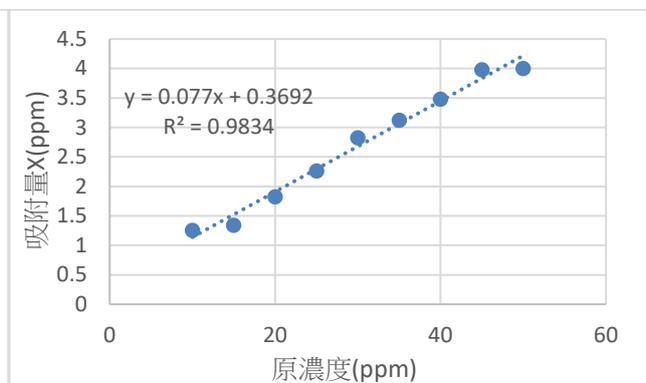


圖 15(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

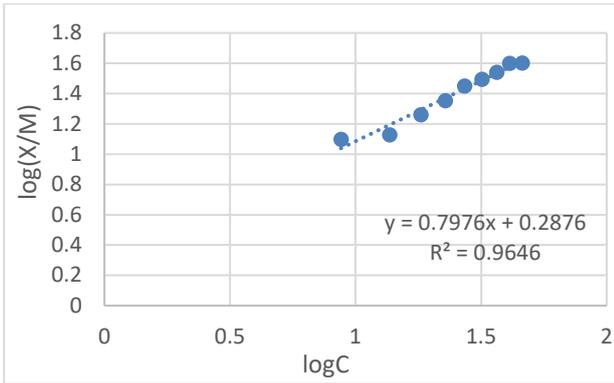


圖 15(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

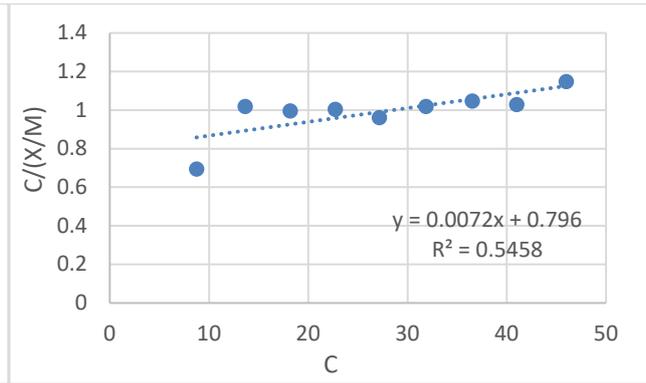


圖 15(d)

2. 幾丁聚醣與果膠複合比例 2:1

由圖 16a~圖 16b 可知，吸附平衡濃度及吸附量對原濃度分別為 $R^2=0.9847$ 及 $R^2=0.9685$ 顯示與原濃度有關，再由 Freundlich 等溫吸附方程式(圖 16c)可得 $R^2=0.9547$ ，Langmuir 吸附平衡方程式(圖 16d)可得 $R^2=0.6364$ ，且斜率 $m=-0.0685 < 0$ ，可知其吸附模式較接近物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

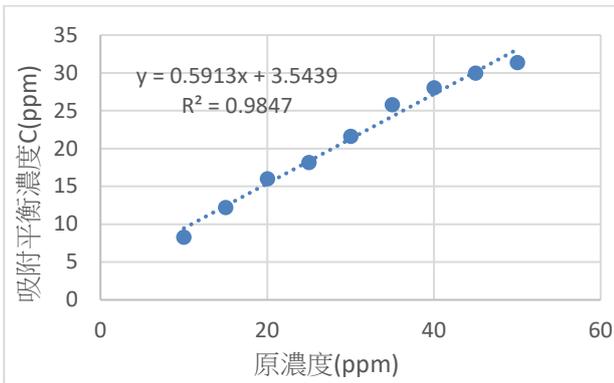


圖 16(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

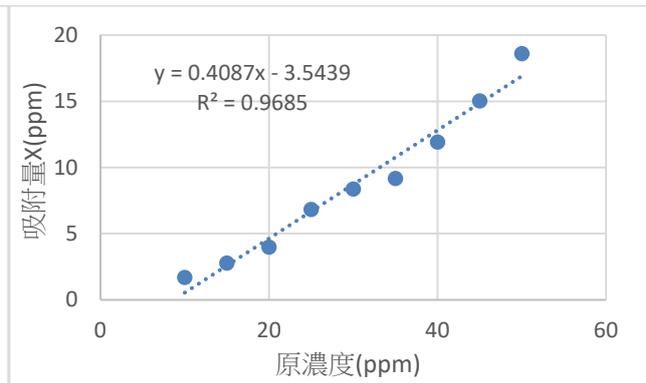


圖 16(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

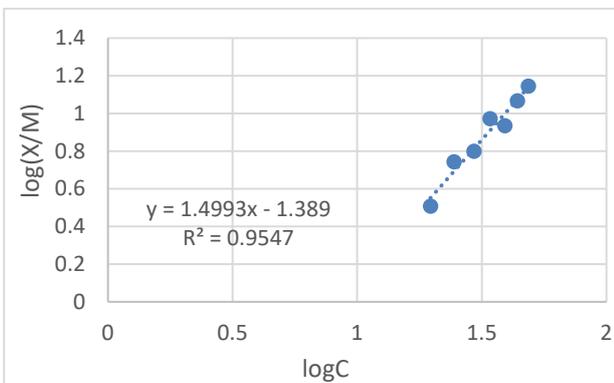


圖 16(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

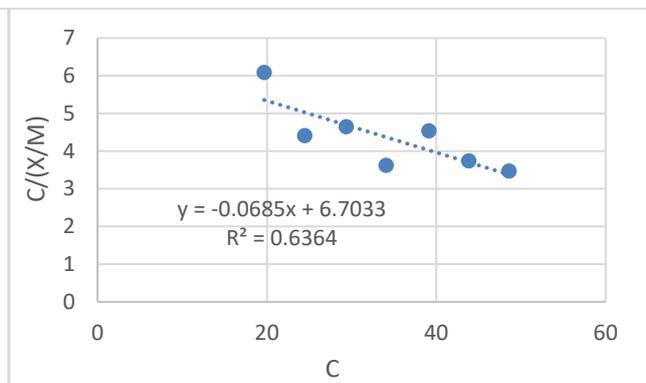


圖 16(d)

3. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:1

由圖 17a 和 17b 可知，吸附平衡濃度及吸附量皆隨與原濃度增加而有上升趨勢，再由圖 17c 和 17d 可知其吸附模式較接近物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

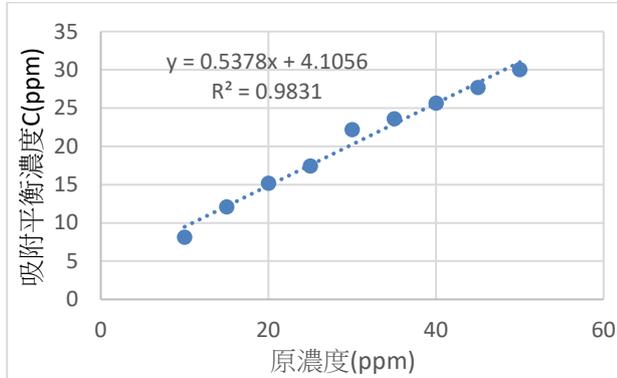


圖 17(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

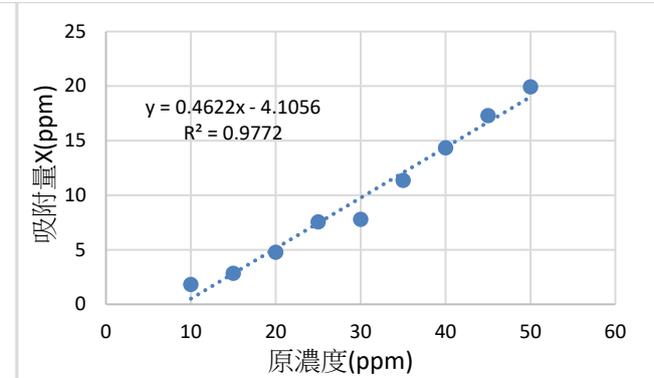


圖 17(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

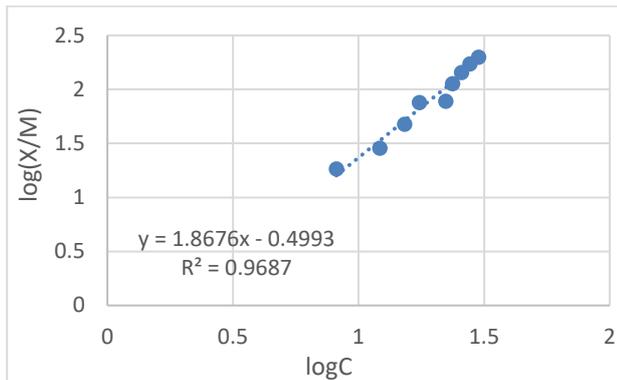


圖 17(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

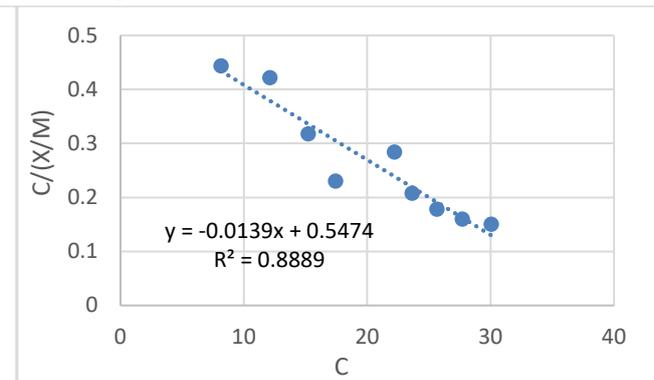


圖 17(d)

4. 幾丁聚醣與果膠複合比 1:2

由圖 18a 和 18b 可知，吸附平衡濃度及吸附量皆隨與原濃度增加而有上升趨勢，再由圖 18c 和 18d 可知其吸附模式較接近物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

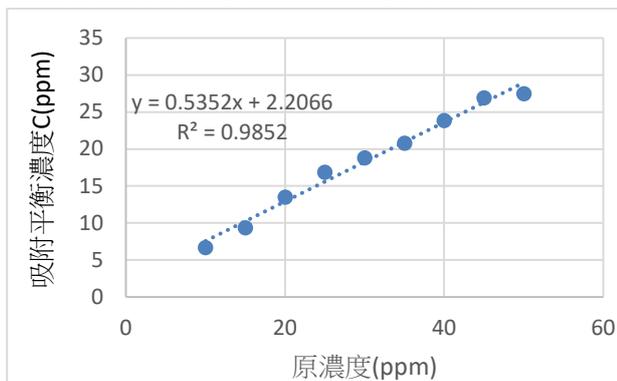


圖 18(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

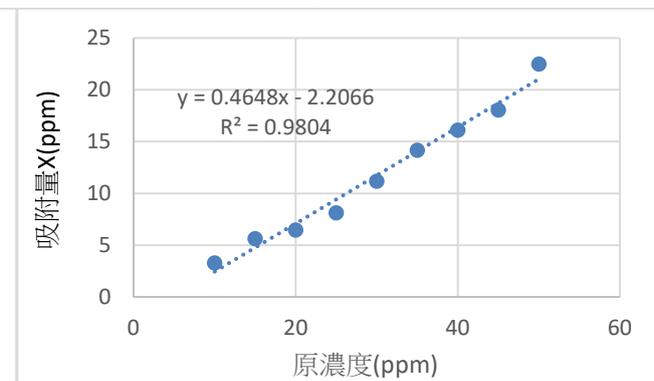


圖 18(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

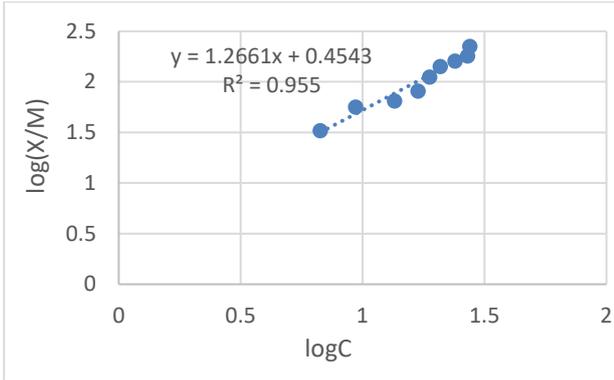


圖 18(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

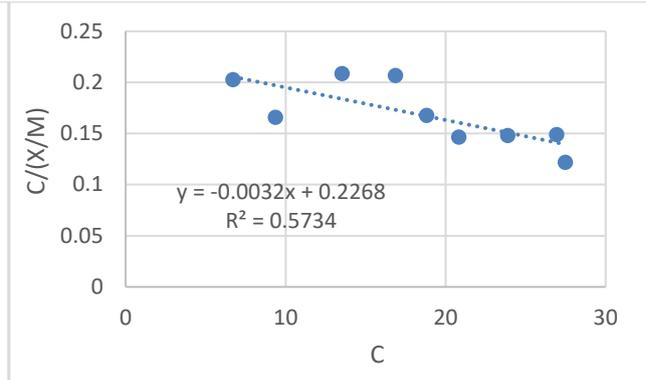


圖 18(d)

5. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:3

由圖 19a 和 19b 可知，吸附平衡濃度 C 及吸附量 X 對原濃度的 $R^2=0.9326$ 和 $R^2=0.946$ 雖接近線性，但皆較上述 R^2 低(純幾丁聚醣、2:1、1:2、1:2)，顯示可能受到其他因素影響；再由圖 19c 和 19d 可知，其吸附模式雖較接近物理吸附，但由 Freundlich 吸附平衡方程式可得 $R^2=0.7851$ ，顯示可能受到化學吸附影響，再由 Langmuir 等溫吸附方程式可知，在低濃度時會受到化學吸附影響，而在高濃度以物理吸附為主，顯示隨果膠的比例增加，官能基改變，造成其吸附模式改變。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

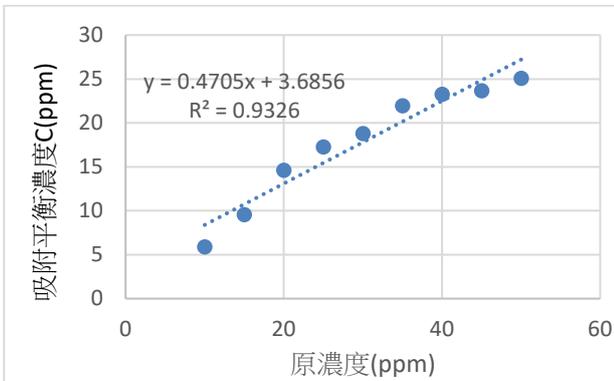


圖 19(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

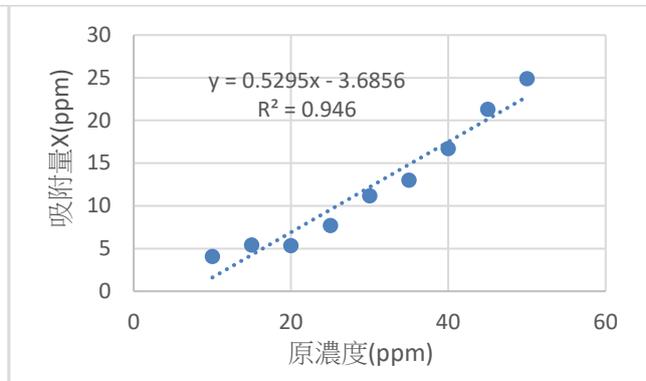


圖 19(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

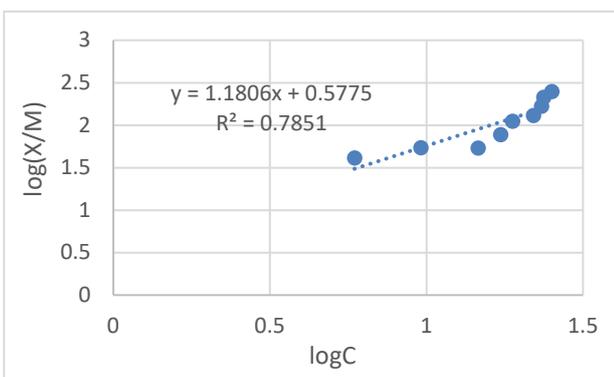


圖 19(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

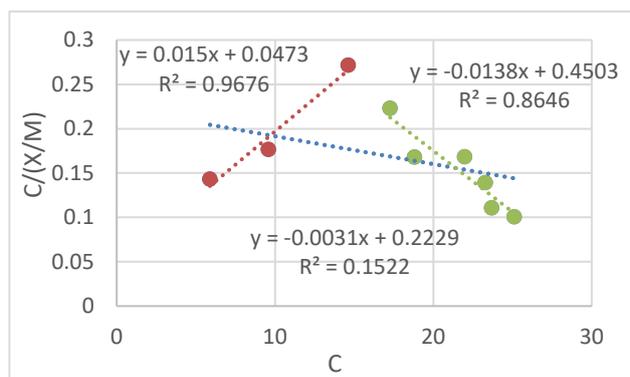


圖 19(d)

6. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:4

由圖 20a 和 20b 可知，吸附平衡濃度 C 及吸附量 X 對原濃度有關；由圖 20c 和 20d 可知，其吸附模式雖較接近物理吸附，但由 Freundlich 吸附平衡方程式可得 $R^2=0.8249$ ，顯示受其他因素影響，再由 Langmuir 等溫吸附方程式可知，在低濃度時會受到較大的化學吸附影響。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

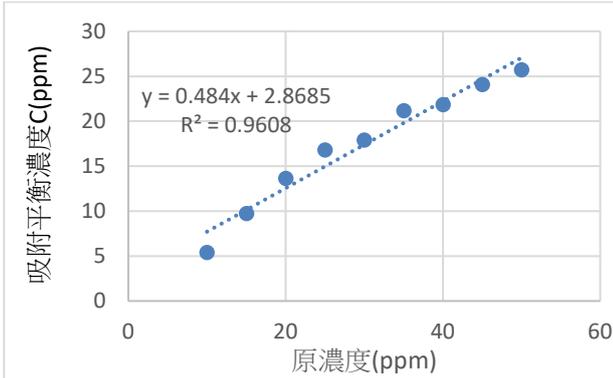


圖 20(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

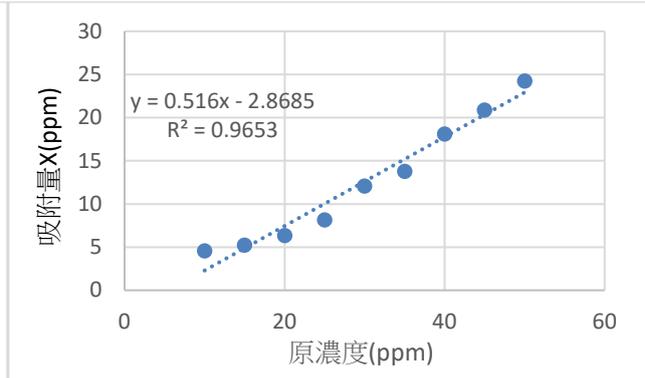


圖 20(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

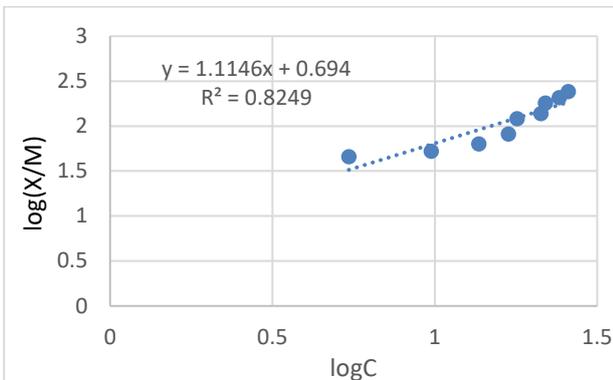


圖 20(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

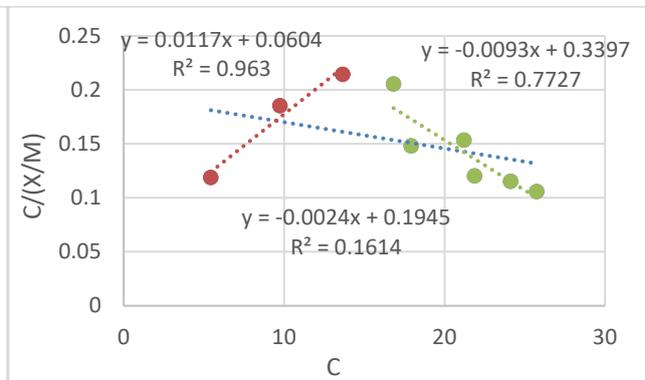


圖 20(d)

7. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:5

由圖 20a 和 20b 可知，吸附平衡濃度及吸附量隨濃度隨原濃度增加而上升；再由圖 21c 可知，其吸附模式雖較接近物理吸附，但由 Freundlich 吸附平衡方程式可得 $R^2=0.8555$ ，顯示受其他因素影響，代入 Langmuir 等溫吸附方程式可知(21d)，在低濃度時會受到化學吸附影響，且隨果膠比例增加受到化學吸附影響的濃度範圍也增加。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

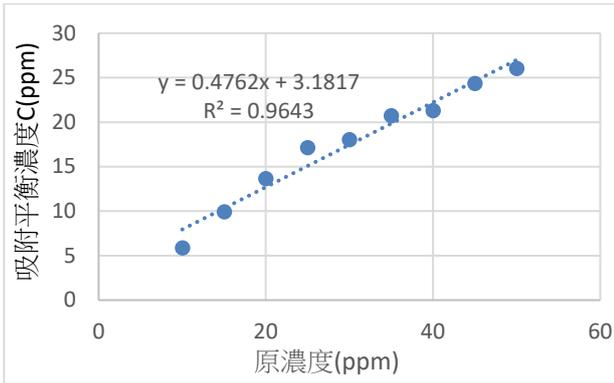


圖 21(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

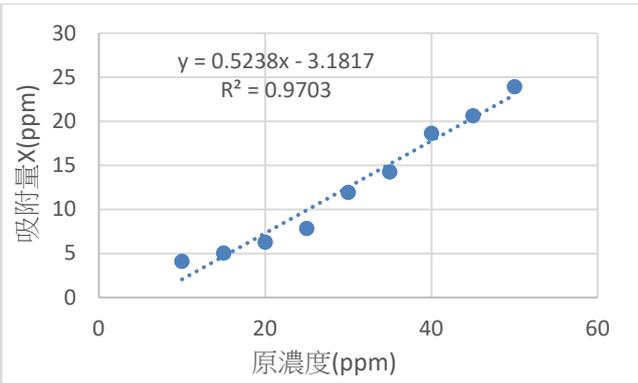


圖 21(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

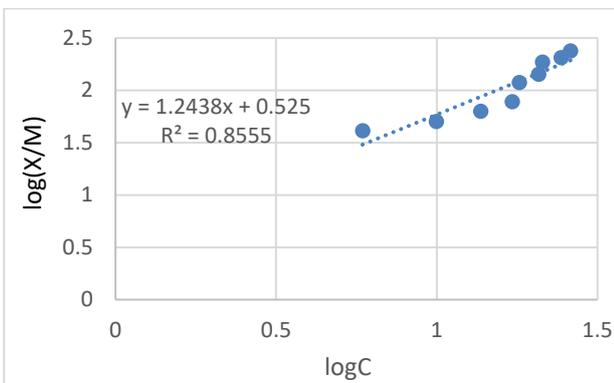


圖 21(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

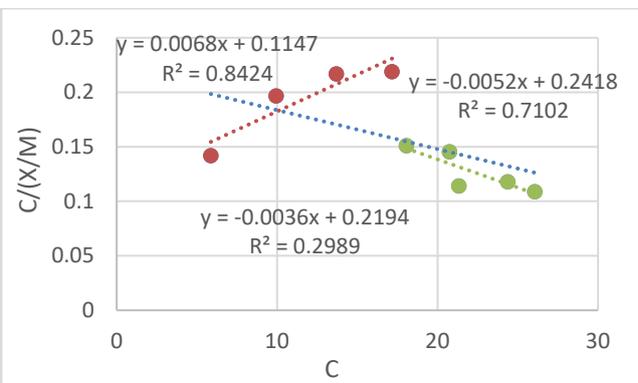


圖 21(d)

七、幾丁聚醣與果膠複合材料對甲基藍吸附能力

(一) 測量甲基藍在 100ppm 下最大吸收波長

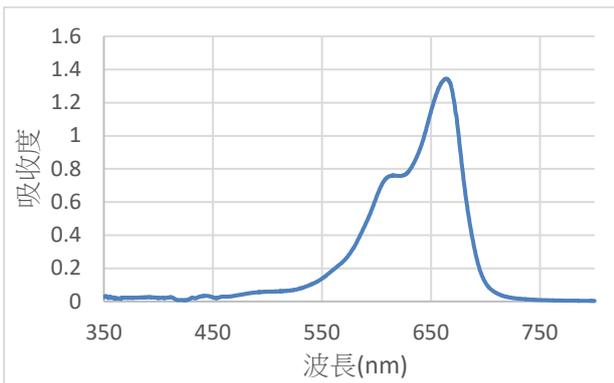


圖 22 甲基藍 100ppm 下最大吸收波長(664.8nm)

(二) 亞甲基藍吸收度對濃度檢量線(圖 23)

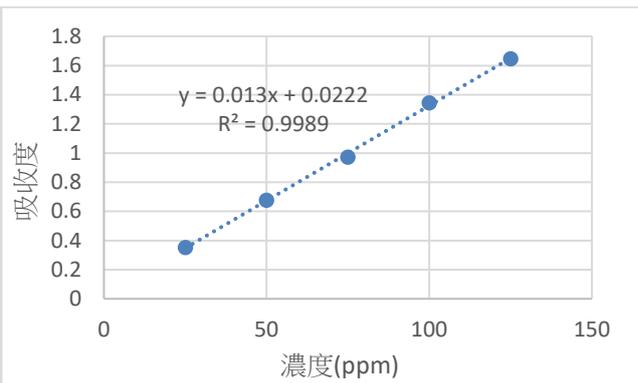


圖 23 甲基藍吸收度與濃度檢量線

1. 純幾丁聚醣

純幾丁聚醣吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，但吸附量至高濃度時較為趨緩，再由圖 24b 的 $R^2=0.9351$ ，可能受其它因素影響，由圖 24c 顯示受物理吸附影響，但代入 Langmuir 等溫吸附方程式後，在高濃度下會受到化學吸附影響。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

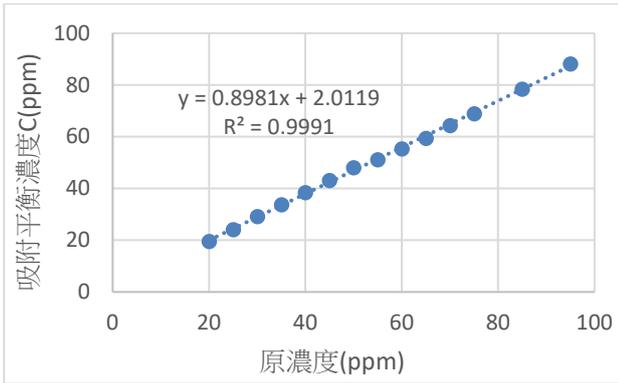


圖 24(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

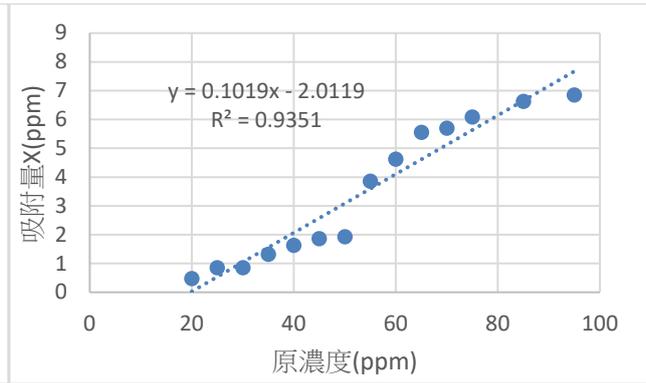


圖 24(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

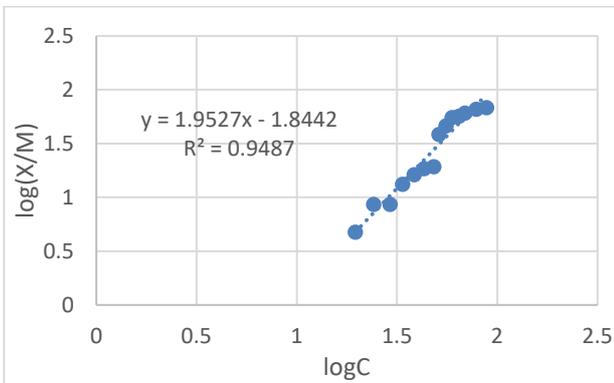


圖 24(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

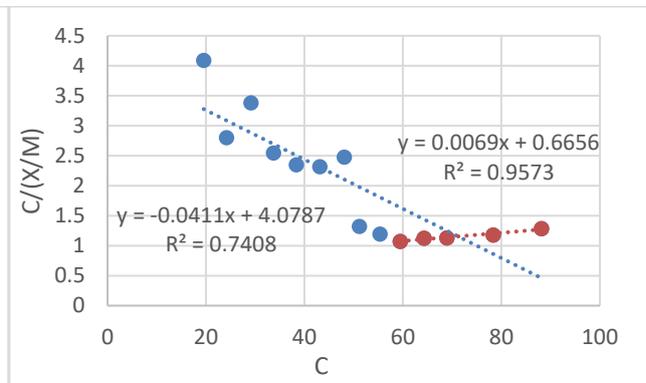


圖 24(d)

2. 幾丁聚醣與果膠複合比例 2:1

由圖 25a~25b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，再由圖 25c~25d 可知，其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

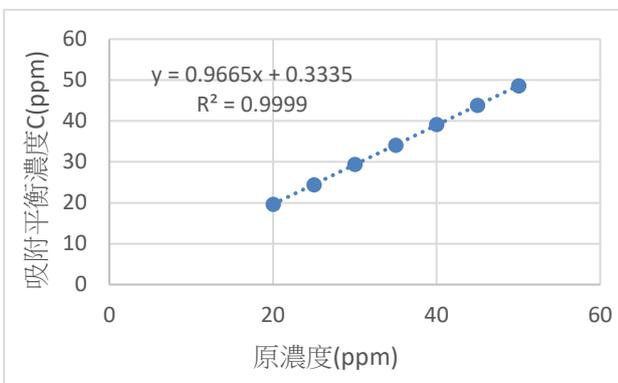


圖 25(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

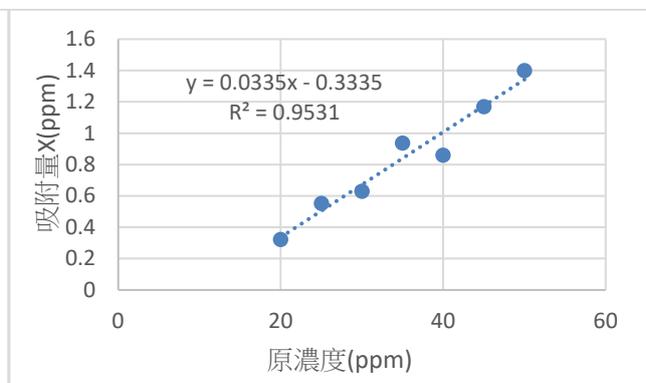


圖 25(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

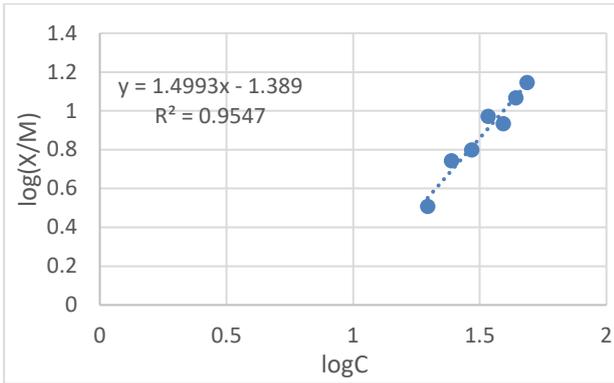


圖 25(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

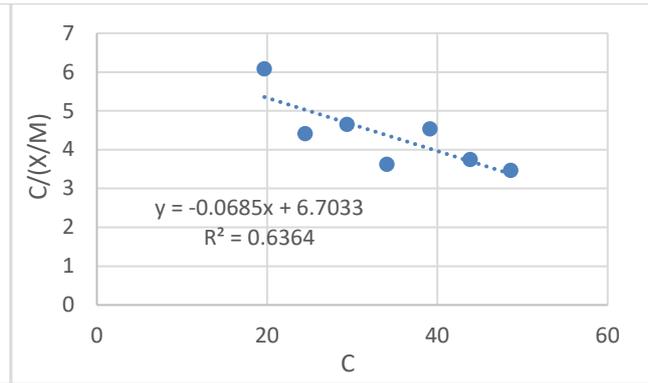


圖 25(d)

3. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:1

由圖 26a~26b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，由 Freundlich 吸附平衡方程式可得 $R^2=0.9711$ (圖 26c)，顯示隨果膠比例增加，吸附性質會更接近物理吸附，而在 Langmuir 等溫吸附方程式 $R^2=0.8156$ ，但其斜率 $m=-0.0439<0$ (圖 25d)較不受化學吸附影響，故其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

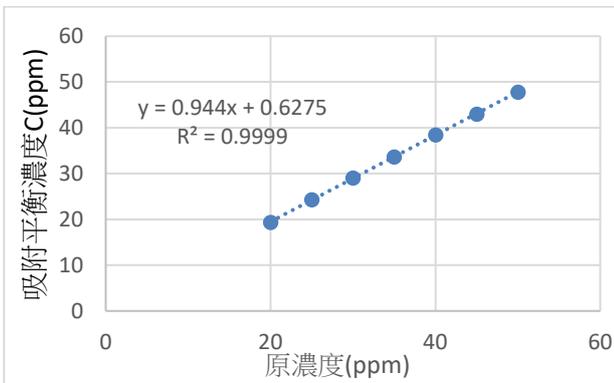


圖 26(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

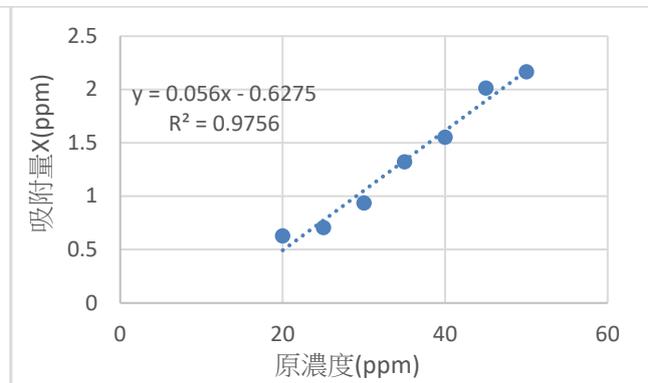


圖 26(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

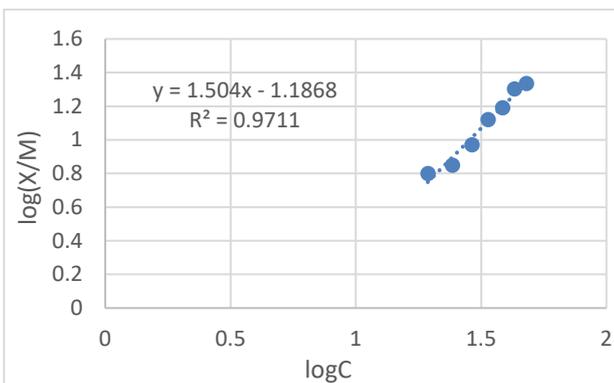


圖 26(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

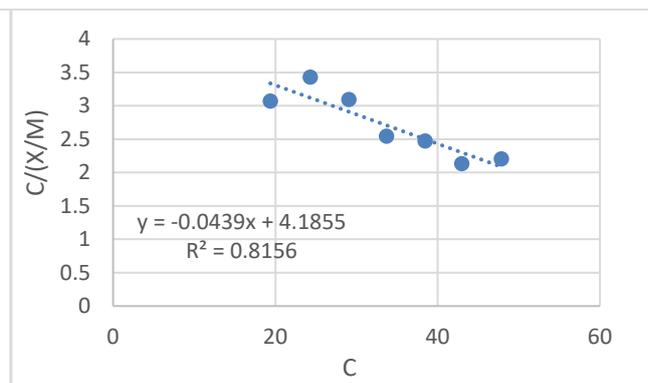


圖 26(d)

4. 幾丁聚醣與果膠複合比 1:2

由圖 27a~27b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，再由圖 27c~27d 可知，其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

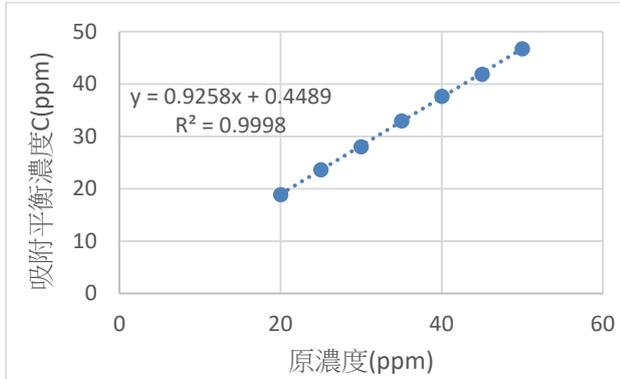


圖 27(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

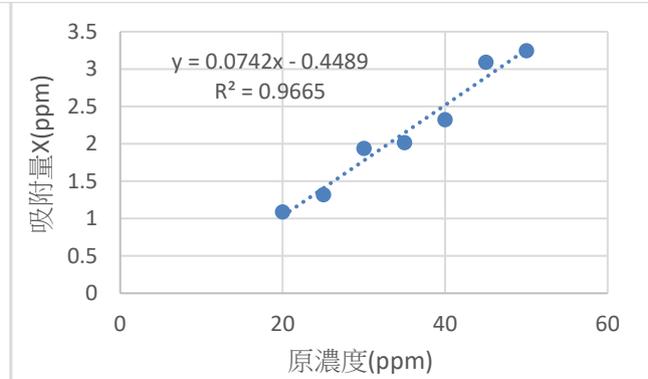


圖 27(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

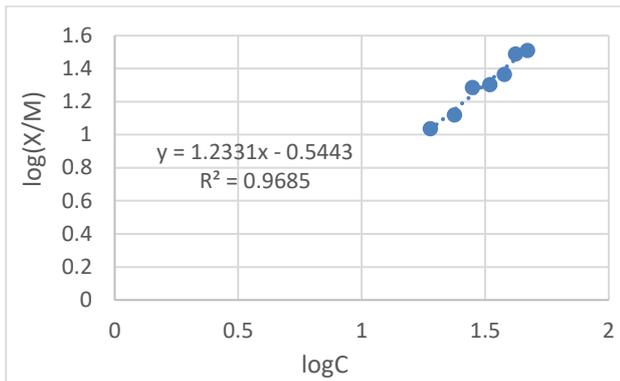


圖 27(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

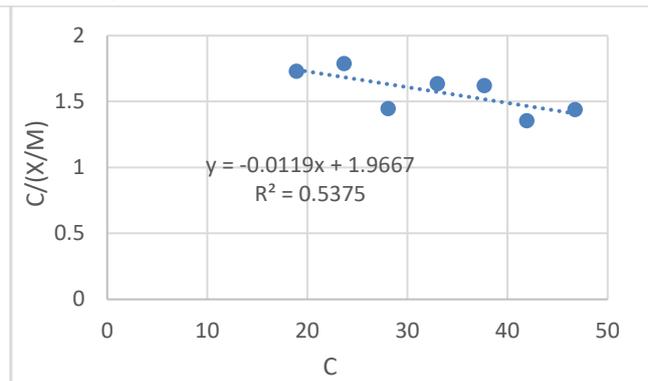


圖 27(d)

5. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:3

由圖 28a~28b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，再由圖 28c~28d 可知，其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

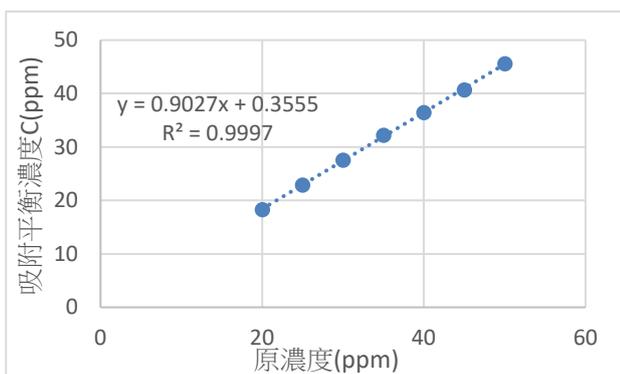


圖 28(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

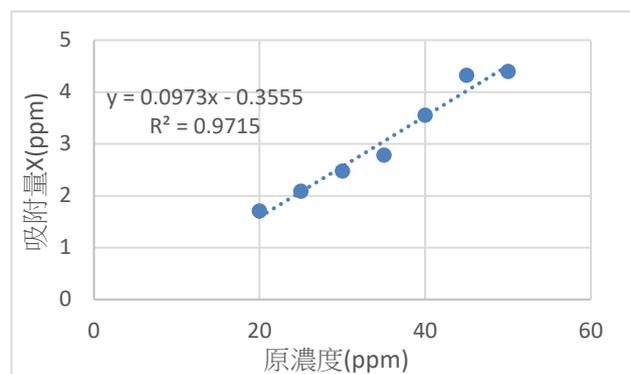


圖 28(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

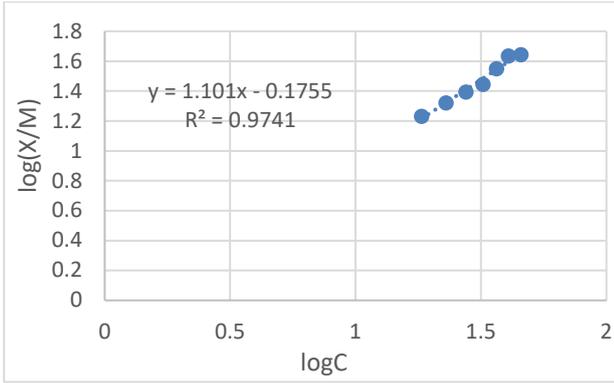


圖 28(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

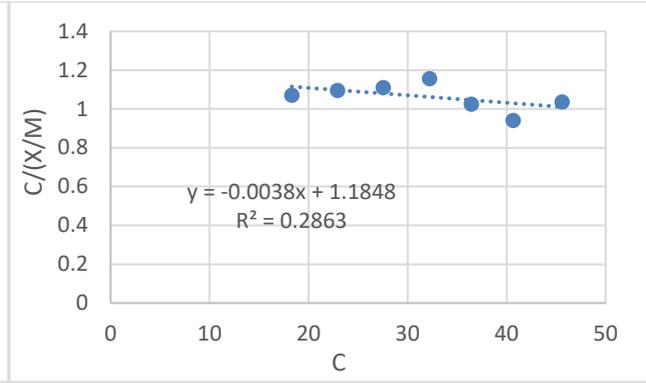


圖 28(d)

6. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:4

由圖 29a~29b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，再由圖 29c~29d 可知，其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

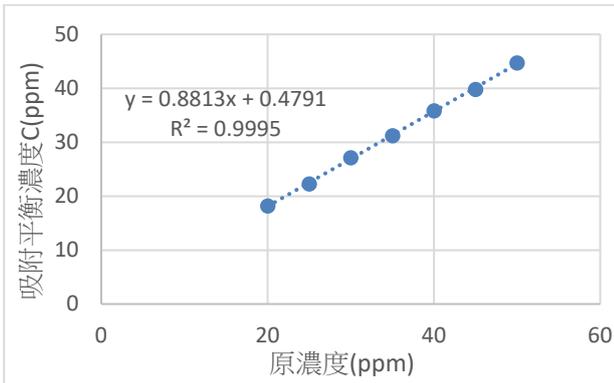


圖 29(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

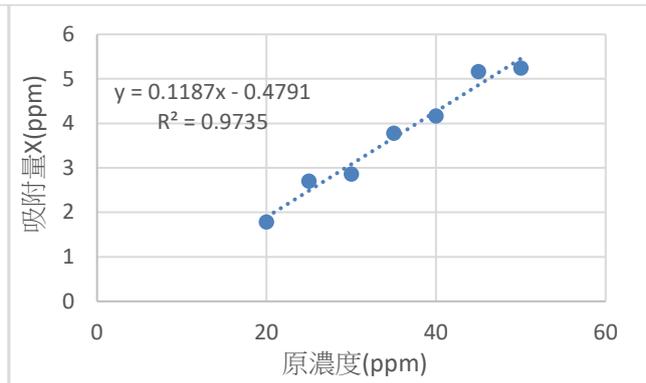


圖 29(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

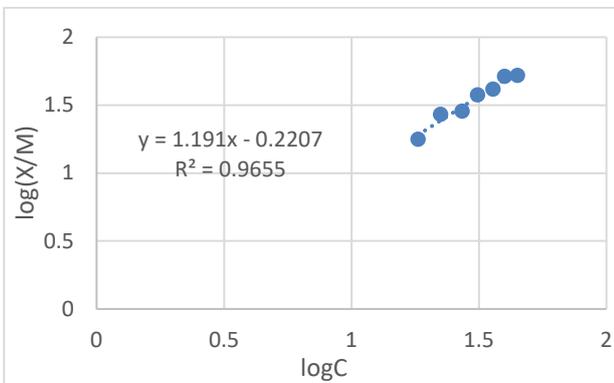


圖 29(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

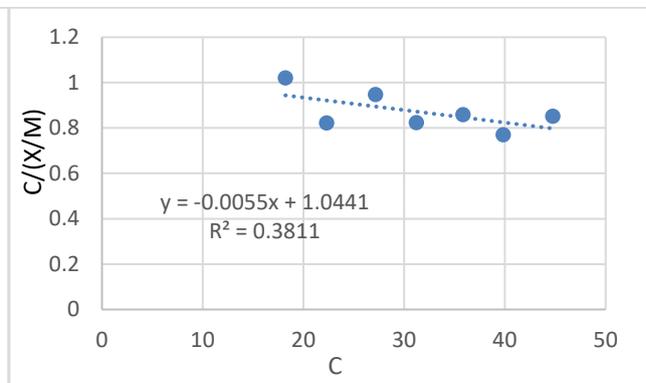


圖 29(d)

7. 幾丁聚醣與果膠複合比例 1:5

由圖 30a~30b 可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，再由圖 30c~30d 可知，其吸附模式較符合物理吸附。

(1) 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖

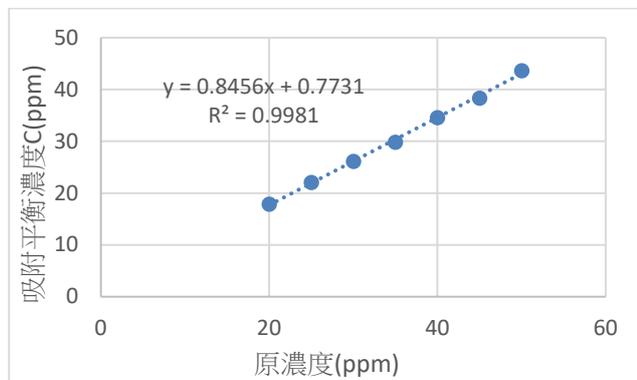


圖 30(a)

(2) 吸附量 X 對原濃度作圖

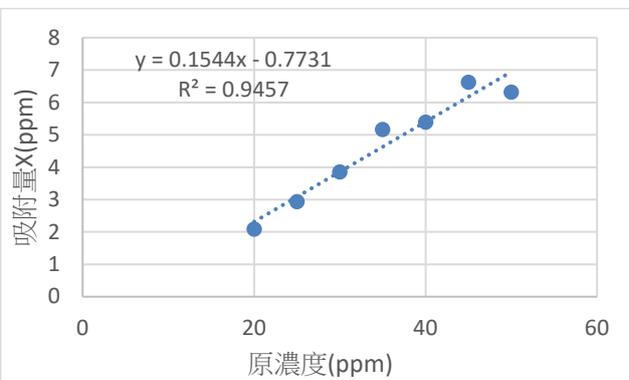


圖 30(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

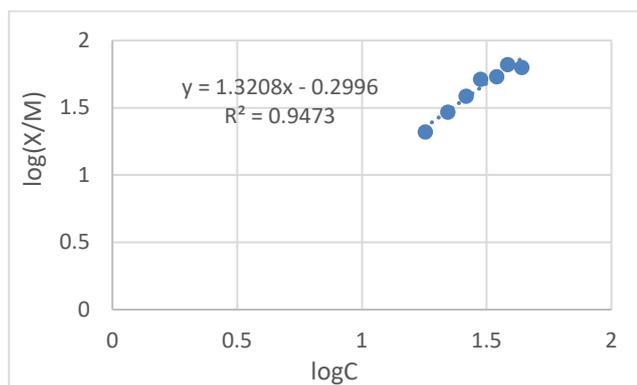


圖 30(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

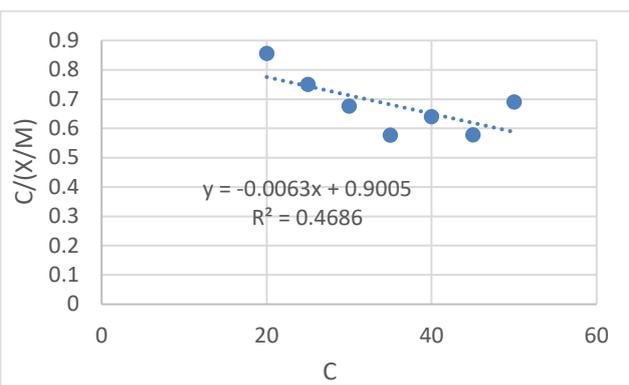


圖 30(d)

八、茭白筍殼紙吸水和吸油測試

(一) 水的吸附測試：

取不同纖維長度製成的茭白筍殼紙比較其吸水能力，則發現茭白筍殼紙的吸水倍率會隨纖維長度增加而上升，纖維長度增加至 2cm 與 2.5cm 接近。

(二) 油的吸附測試：

再比較其吸油能力，茭白筍殼紙的吸油倍率亦會隨纖維長度增加而上升，纖維長 2.5cm 的紙吸油效果最好，但整體來看，茭白筍殼紙的吸油倍率較吸水倍率低，顯示茭白筍殼紙吸水能力較吸油能力佳。

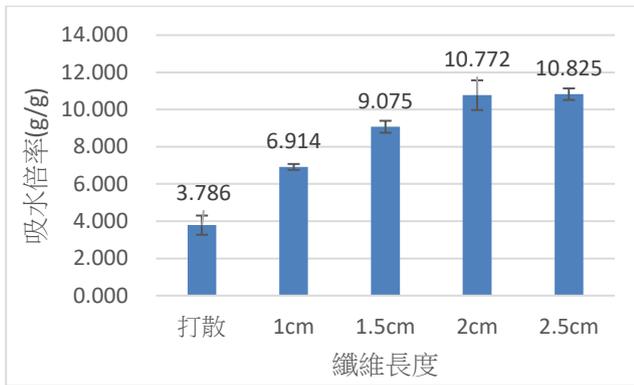


圖 31 纖維長度與吸水倍率關係圖

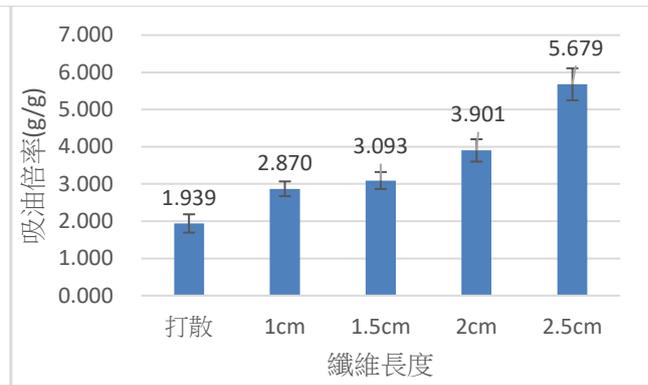


圖 32 纖維長度與吸油倍率關係圖

九、茭白筍殼紙拉力測試：

茭白筍殼紙拉力會隨其纖維長度增加而上升，但纖維越長所製的紙厚度也越厚，故考慮其厚度大小對截面積的影響，截面積可由其長(2cm)*截面積得到，再由拉力與截面積比值求其應力大小，其應力大小反而與纖維長度相反，纖維越長應力越小(表 3)。

表 3 纖維長度、厚度與拉力關係

纖維長度	拉力(kgw)	厚度(mm)	截面積(cm ²)	應力(kgw/cm ²)
打散	1.01±0.18	0.11±0.01	0.02	44.25
1.0cm	1.01±0.16	0.18±0.02	0.04	31.29
1.5cm	1.33±0.22	0.21±0.03	0.04	30.87
2.0cm	1.39±0.14	0.23±0.01	0.05	30.64
2.5cm	1.59±0.23	0.59±0.06	0.07	23.06

十、茭白筍殼紙添加複合物吸水、吸油及拉力測試：

(一) 水的吸附測試：

1. 打散纖維：幾丁聚醣與聚合物 2:1 的吸水率接近，且吸水率會隨果膠的添加量增加而上升，在複合物 1:5 時達到最大(圖 33a)。
2. 1.0cm 纖維：在加入果膠後吸水率會先下降而後上升，在複合物 2:1 時最低，隨果膠的添加量增加，吸水率隨之上升，在複合物 1:5 時達到最大(圖 33b)，且吸水率較打散纖維的筍殼紙高，有較明顯的提升。

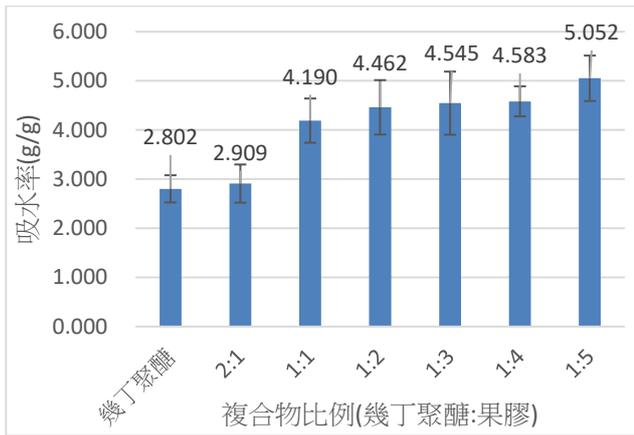


圖 33(a) 打散纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸水率

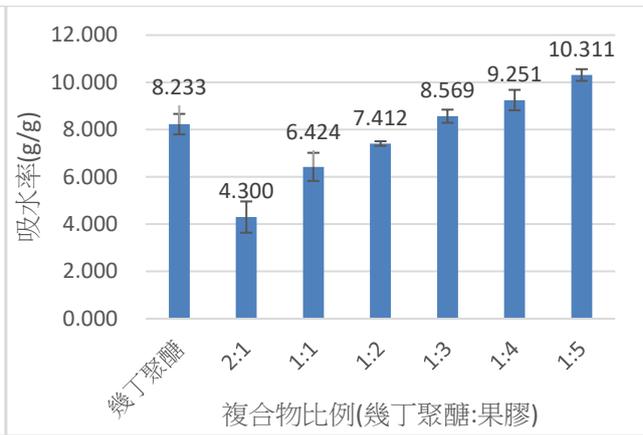


圖 33(b) 1.0cm 纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸水率

(二) 油的吸附測試：

1. 打散纖維：吸油率在複合物 2:1 時最低，隨果膠的添加量增加，吸油率隨之上升，在複合物 1:5 時最高(圖 34a)，且吸油率會較吸水率低。
2. 1.0cm 纖維：加入果膠後吸水率會先下降而後上升，吸油率在複合物 1:1 時最低，在複合物 1:5 時最高(圖 34b)。

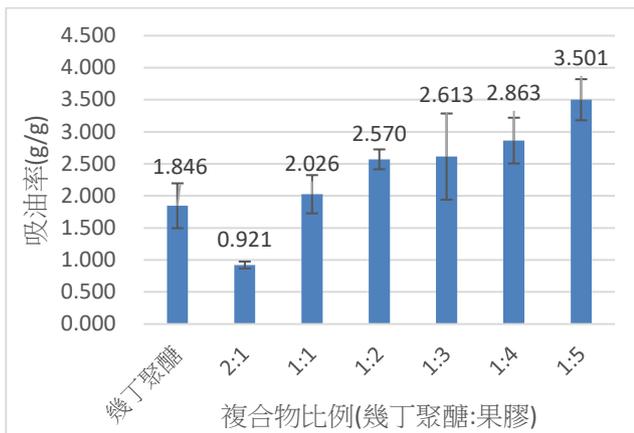


圖 34(a) 打散纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸油率

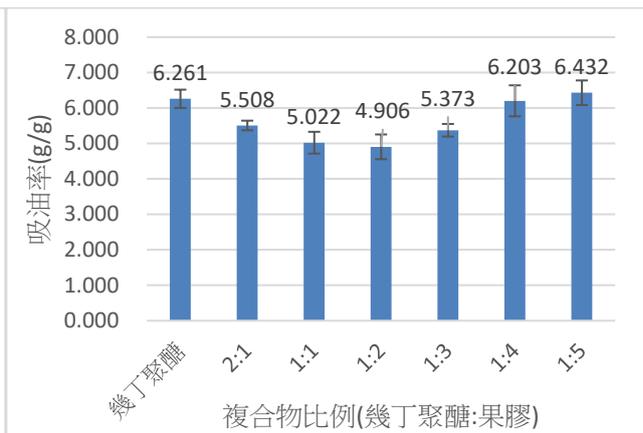


圖 34(b) 1.0cm 纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸油率

(三) 茭白筍殼紙添加複合物拉力測試：

- 1.打散纖維：茭白筍殼紙在添加幾丁聚醣及複合物後，其拉力有明顯的上升，添加果膠後拉力會上升，在繼續添加拉力則會下降，複合物 1:3 時拉力最低，但隨果膠增加，其拉力反而上升(圖 35a)。
- 2.1.0cm 纖維:纖維長度增加後，相較打散纖維拉力會下降許多，但在添加果膠後，拉力會上升，複合物 2:1 時達到最大，在 1:2~1:4 拉力接近且最小，在 1:5 時拉力反而會上升(圖 35b)。

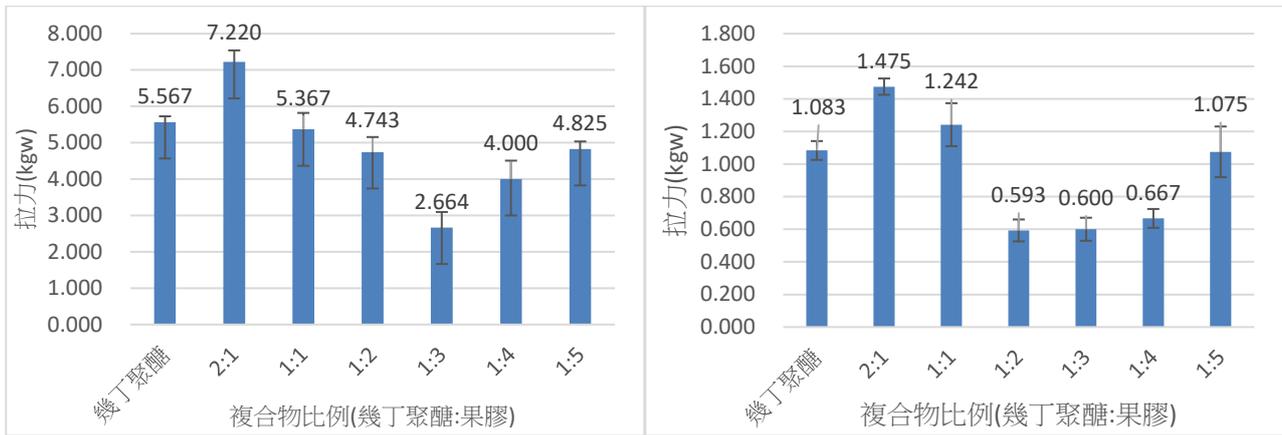


圖 35(a) 打散纖維的茭白筍殼紙添加複合物拉力比較 圖 35(b) 1.0cm 纖維的茭白筍殼紙添加複合物拉力比較

陸、討論

一、百香果的各組織比例可知：

百香果中可食用的果肉和果皮質量相當，但體積果皮大很多，挖除果肉後的果皮廢棄物佔很大一部分，且密度比水低，在水中會隨水流漂散，造成環境污染的擴大，果皮的含水量亦佔很大的比例(圖 37)，由於含水量高且富含果膠等有機物，若任意棄置易腐敗發臭，且易孳生蚊蠅造成衛生環境的問題。

二、百香果膠萃取可知：

果膠為構成細胞間質的重要成分，為內部細胞的支撐物質，其分子由半乳糖醛酸、半乳糖酸甲脂及葡萄糖構成的聚合物，具有半乳糖醛酸、半乳糖酸甲脂、半乳糖醛酸和葡萄糖混合的結構式。

常見果膠多為高甲氧基果膠，酯化度 50%以上，甲氧基含量 7%以上，在高糖環境可靠氫鍵凝膠，經過修飾後，可成為低甲氧基果膠(圖 36a)，酯化度 50%以下，甲氧基含量 7%以下，以羧基與二價陽離子形成架橋，產生網狀結構，故其凝膠不太受糖、酸影響。(圖 36b)

百香果殼內含果膠，可製成果醬及軟糖等加工食品，製作過程中需添加糖和酸，為了使果膠凝聚且不加糖，所以我們加入 95%酒精使果膠析出，再以 70%酒精清洗乾淨，將農業廢棄物加以再生利用。

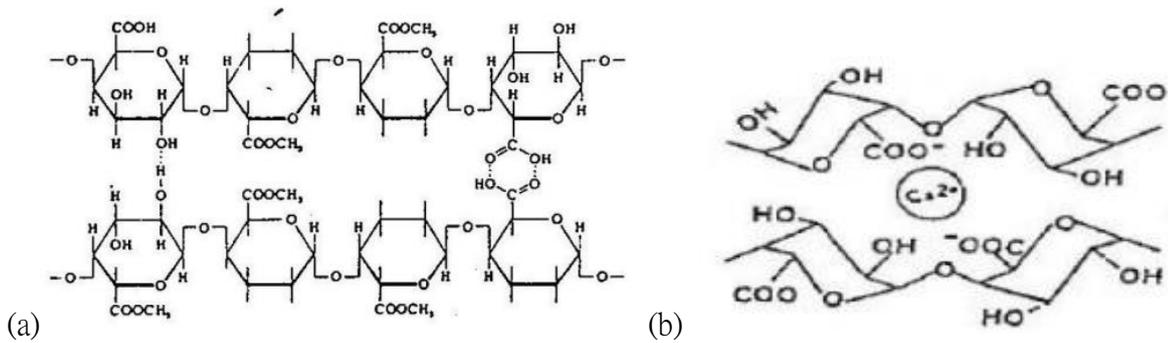


圖 36 (a)高甲氧基果膠 (b)低甲氧基果膠之結構圖

三、由市售常見的菇類含水率可知：

茭白筍和香菇為南投經濟農作物，其農業廢棄物含水量均很高，其中茭白筍殼可達 85%(林，2016)，而菇類因種類不同也在 90%~94%間，含水量更高幾乎由水構成(圖 38)，菇類為真菌類其纖維主要構造為幾丁質，能保持潮濕狀態且耐酸鹼，在食用後不完全被身體消化吸收而排出(如金針菇)，故在自然環境中任其自然分解會保留大量水分及造成環境衛生的問題。

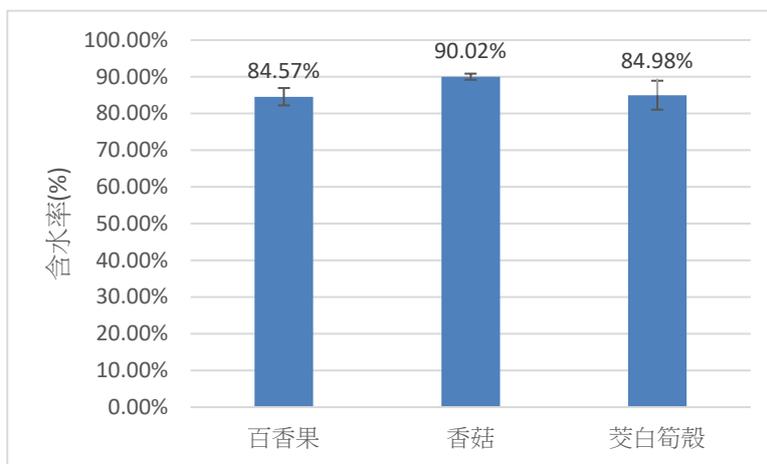


圖 37 百香果、香菇和茭白筍殼含水率比較

四、由香菇中幾丁質含量的實驗可知：

香菇中具有幾丁質的高分子醣類，分子結構與纖維素(圖 38c)相似 (Knorr, 1984)，由於幾丁質相鄰分子鏈間有許多相當緊密的氫鍵結合結構(圖 38a)，故需以高溫及高濃度的鹼液將幾丁質經去乙酰化作用除去部分或全部的乙酰基變成胺基後，即得幾丁聚醣，可溶於 1%稀醋酸中，幾丁聚醣被視為膳食纖維之一，可吸附油脂、膽固醇，其結構如附圖 38b，由於幾丁聚醣烘乾後較為堅硬，故可添加其他物質以進行改質，增加其彈性及柔軟度。

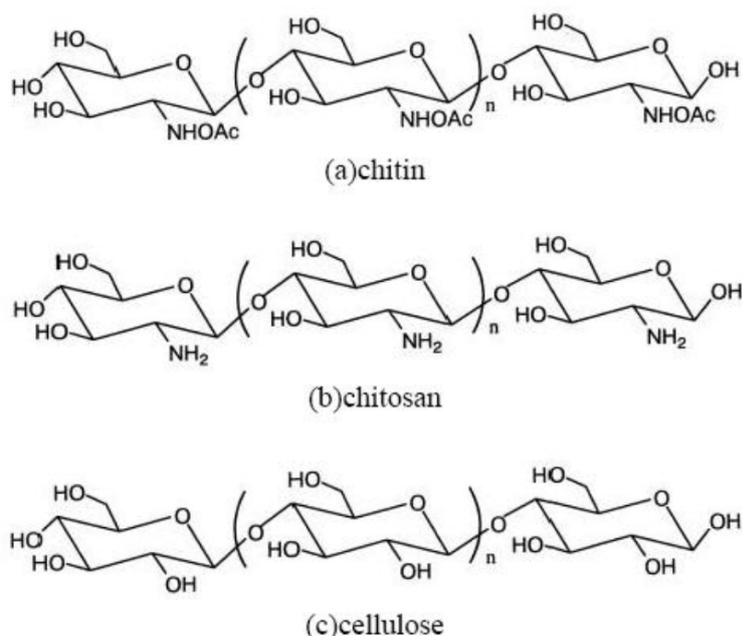


圖 38 (a)幾丁質、(b)幾丁聚醣、(c)纖維素之結構(Crini *et al.*,2007)

烘乾後的香菇其幾丁質含量約占 19.05%與文獻中 19%接近，但由香菇的乾重來看，乾重的變異係數(C.V.)為 9.96%，顯示乾燥的香菇間重量差異並不大，可能為水分含量所佔的比例相當高達(90%)，而香菇乾重佔整株比例少造成差異較小的原因；而香菇中幾丁質的變異係數(C.V.)為 29.36%，顯示不同香菇間所含的幾丁質差異較大，可能原因為香菇由上而下，分為菌傘、菌褶、菌柄，有組成部位的差異外(圖 39a)，其成分除了醣類外，尚有蛋白質、脂肪及礦物質等其他物質(圖 39b)，其含量亦會影響幾丁質的比例，故幾丁質在各香菇中的含量差異性較大。

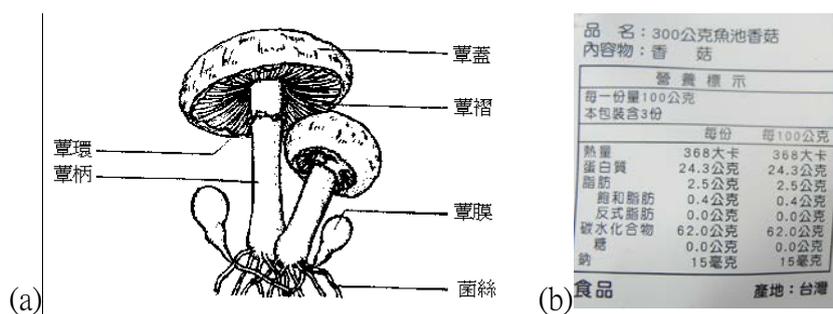


圖 39 (a)香菇的型態(<http://microbiology.scu.edu.tw/MIB/liu/lifescience/fungi/9301.htm>) (b)香菇成分

五、幾丁聚醣與果膠複合材料性質比較：

幾丁聚醣溶液在加入果膠後會產生凝聚現象，隨果膠的添加量增加，其凝聚效果越明顯，產生的複合物產量亦越多，主要相互作用在果膠的-COOH 和幾丁聚醣的-NH₂之間，在溶液中果膠羧基與幾丁聚醣氨基通過離子鍵形成交聯，而兩者比例會影響其複合物性質。

六、複合物吸水、吸油及染料測試：

複合物吸水吸附：幾丁質去乙醯基後的幾丁聚醣，不但可溶於稀酸中，且有良好的吸水能力，故純幾丁聚醣吸水能力最好，在添加果膠後，由於果膠會與幾丁聚醣凝聚在一起，幾丁聚醣的官能基用以凝聚果膠，使分子間距離縮小且親水官能基減少，在 2:1 時吸水率降低，由於果膠也易吸水，故隨果膠添加量增加，其吸水率亦隨之上升。

複合物吸油吸附：由於幾丁聚醣為有機物且帶有正電的特性，對油脂有良好的吸附能力，故純幾丁聚醣吸油能力最好，添加果膠後幾丁聚醣的比例降低，吸油能力會下降，至 1:1 時最低，但隨果膠添加量增加，對油的吸附率會上升，其可能原因為果膠亦能吸附油脂，但吸油能力較幾丁聚醣低，故吸油率雖上升仍低於純幾丁聚醣。

複合物對亞甲藍吸附($C_{16}H_{18}N_3ClS$)：由於亞甲藍帶正電(圖 40a)，故隨果膠的添加其吸收量也會增加，但由於複合物富含-OH 基團，對於水吸收良好，故多以物理吸附為主，但隨果膠添加量增加，在幾丁聚醣與果膠比例 1:3 後，且在低濃度下會有化學吸附，顯示加入果膠後對其吸附性質造成改變。

複合物對甲基藍吸附($C_{37}H_{27}N_3Na_2O_9S_3$)：由於甲基藍帶負電(圖 40b)，但由於幾丁聚醣的-NH₂用以鍵結，故吸附以果膠部分為主，隨果膠的添加其吸收量也會增加，但其吸附均以物理吸附為主。

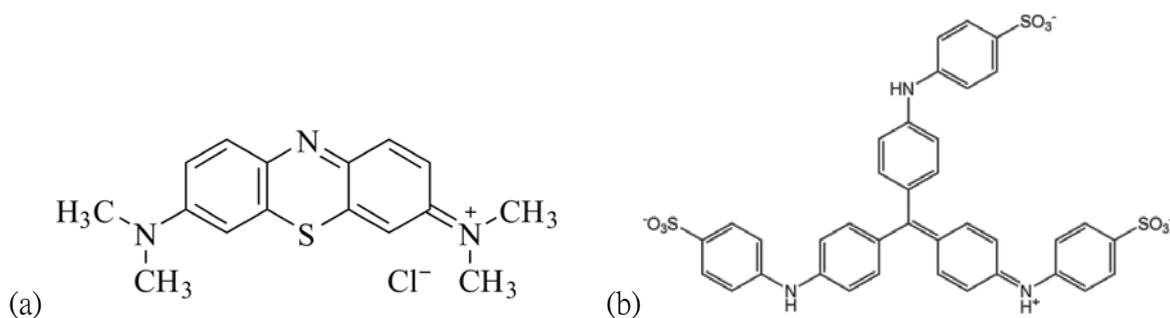


圖 40 (a) 亞甲藍、(b)甲基藍的結構式

七、由茭白筍殼紙吸水、吸油測試可知：

(一) 吸水測試：新鮮的茭白筍殼富含水分，其纖維吸水能力佳，乾燥的茭白筍殼吸水倍率為原重的 22 倍(林，2016)，用於造紙去除木質素後，所留下的纖維素及半纖維素使得結構較為柔軟，但仍保有原先吸水特性，吸水倍率為 11.192 倍，其原因可能跟水生植物纖維亦於吸水的特性有關，吸水倍率高和茭白筍殼纖維不易乾、不易腐敗的特性相符。

(二) 吸油測試：茭白筍殼纖維為中空狀，各纖維形狀和表面積雖不相同，表面積越大而吸油能力越強，茭白筍殼纖維相較於其他紙類有較長的纖維及表面積，能利用毛細作用有效的進入纖維中，除易被吸收外也不易流失。

八、由茭白筍殼紙拉力測試可知：

不同纖維長度製成的茭白筍殼紙拉力測試，纖維長度越長拉力越大，但纖維越長所製成的紙會越厚，且較為蓬鬆，由於所製的紙厚度較薄且不均勻，需多張測量其平均厚度，並多次測量求其拉力及厚度平均值，再由厚度得到截面積，由拉力和截面積求出應力大小，應力大小反而和纖維長度相反，除纖維長度外，尚須考慮截面積因素和有效摩擦力。

九、茭白筍殼紙添加複合物吸水、吸油及拉力測試：

(一) 吸水測試：紙在添加複合物後，會受到兩者共同影響，故會在特定比例時會有最佳吸水效果，因果膠有良好的吸水性，複合物 1:5 時吸水率最大，且 1cm 的纖維較長，可有較多的空間吸收及保留水分，故會有較高的吸水率。

(二) 吸油測試：由於塗佈的複合物受到果膠的影響，吸油率會先下降而後上升，複合物 1:5 時吸油效果最好，且紙的纖維較長吸油率亦較大。

十、拉力測試：

打散的筍殼紙因複合物的添加，大幅增加了其韌性使其緊密度提升，但纖維長度 1cm 的筍殼紙在添加聚合物後，拉力反而無明顯增加，某些比例反而會下降，可能是纖維長度越長，製成的紙越厚越鬆散，塗佈時膠體無法有效滲入，且膠體中的酸性亦會對紙結構造成影響，使的拉力無法有效提升。

柒、結論

一、菇類含水量比茭白筍殼更高可達 90.02%，若形成廢棄物與茭白筍殼一樣會造成環境污染，百香果果皮含水量也很高可達 84.57%與茭白筍殼接近，較筍殼更易腐敗，任意棄置因密度低會隨水漂流散開，且農業廢棄物燃燒後均會造成空氣污染。

二、百香果果皮富含果膠、纖維素、黃酮、多酚類及花青素等物質，可製成加工食品再利用，故可萃取豐富的果膠再利用；而蕈類內含幾丁質，但目前的幾丁質大多由蝦蟹外殼製造，由蕈類製造幾丁質含量較蝦蟹及昆蟲的外殼含量低約為 19%，但其來源為非動物

製成，為素食者所能接受，製成相關產品可增加使用客群。

三、果膠加入幾丁聚醣中會很快凝聚形成絮狀物，且加入越多果膠形成複合物越多，所製成的複合物對染料的吸附量均隨果膠的比例增加而上升，亞甲藍除物理吸附外，在幾丁聚醣：果膠為 1：3 以上且在低濃度下有化學吸附，而對甲基藍的吸附均為物理吸附。

四、茭白筍殼纖維製成的紙，其纖維長度越長拉力越大，但考慮厚度也越厚，應力反而越小，打散的纖維製成的紙應力較佳；吸水和吸油能力來看，纖維越長中間空隙越多，能吸取的油和水會較多，故可選擇不同長度的纖維製成不同需求的紙，可做為複合物塗佈基材。

五、添加幾丁聚醣與果膠複合物塗佈在茭白筍殼紙上測其性質，塗佈後紙張均有可撓性，其吸水和吸油能力會隨果膠比例增加而上升，而拉力有明顯提升，可做為醫藥、美妝等新的材料，且三種材料均可從原為農業廢棄物的材料中得到，除對了農業加工開發利用，更重要的是可減少環境汙染。

捌、參考資料

1. 黃家澤，黃加妤。「蕉」慮變「膠」傲—香蕉果膠的探討與應用。第 52 屆中小學科會。臺中市立大墩國民中學。
2. 顏名聰(2005)。香菇柄幾丁質與幾丁聚醣之理化性質與生理活性及其應用，國立中興大學碩士論文，未出版，台中市。
3. 陳姿伶(2003)。幾丁聚醣—果膠複合顆粒及交聯顆粒之特性及包覆在阿莫斯西林與其控制釋放上之研究，國立臺灣海洋大學碩士論文未出版，基隆市。
4. 黃潛峰，許育維，邱亭瑜(2013)。「纖」入為「紙」—多種纖維質廢棄物之造紙效能與品質研究，第53屆中小學科展。臺中市立長億高級中學(附設國中)。
5. 徐廣標，董婷，崔美琪(2015)。基於中空纖維的高孔吸油絮片製備及油液吸附性能研究，東華大學紡織學院，華岡紡織期刊。
6. 林詩雅(2016)。「茭」糖釀的酒，第 56 屆中小學科展。南投縣立大成國民中學。
7. 丁克毅，王虹霞，劉軍，王潔雪(2015)。果膠/殼聚醣抗菌膜結構及性能分析，西南民族大學化學與環境保護工程學院，西南民族大學學報。

【評語】 030201

1. 實驗數據豐富可看出對實驗的認真執行。惟中學生的科學展覽除了希望有創新想法之外，也期待有科學的邏輯推理。
2. 本實驗的目的有些突兀，不知道為什麼從想要再利用農業廢棄物，突然有這些研究目的。再利用農業廢棄物，有很多方法，要能夠加強說明採用本研究目的之方法的原因。
3. 實驗目的也並不很聚焦，好像都可以試試看，因而造成對實驗結果較無法直接判斷好壞，無法再精進。
4. 用全菇萃取幾丁質，似乎也不符合利用農業廢棄物的原意。

摘要

百香果皮、菇類和茭白筍殼為常見農業廢棄物，我們從百香果皮萃取出果膠，菇類中萃取幾丁聚醣，改變幾丁聚醣與果膠的比例合成不同複合物，測量對水、油及染料的吸附，複合物隨果膠的比例增加，吸水和油的比率會隨之上升，亞甲藍及甲基藍均以物理吸附為主，隨果膠添加量增加，亞甲藍在1:3後低濃度會有化學吸附；將不同纖維長度的茭白筍殼製成紙作為基材，將複合物塗佈在紙上測其吸水、吸油和作用力，筍殼紙纖維越長拉力會越大，但厚度也越厚，故應力反而越小；筍殼紙添加複合物後吸水和吸油性質會受到共同的影響，吸水和吸油率在複合物1:5時最佳，而筍殼纖維1cm>打散；筍殼紙添加複合物後打散纖維的拉力有明顯提升，但筍殼纖維1cm則無明顯提升。

研究動機

某天，朋友邀請我到她家作客，她家世代務農，種植了茭白筍、香菇與百香果這類埔里盛產的農作物，她說他們將農產品加工之後，會在間很大的倉庫處理農業廢棄物，例如茭白筍的殼、百香果果殼、賣相較差的香菇，而每年那些垃圾都會帶來麻煩，除了占空間以外，也會帶來許多的蚊子、蒼蠅，每次他們都十分困擾著不知該如何是好，身為她長久以來的朋友，我決定要想辦法幫忙他們解決長久以來的問題，對此她也有濃厚的興趣，我們就展開了今年的實驗。

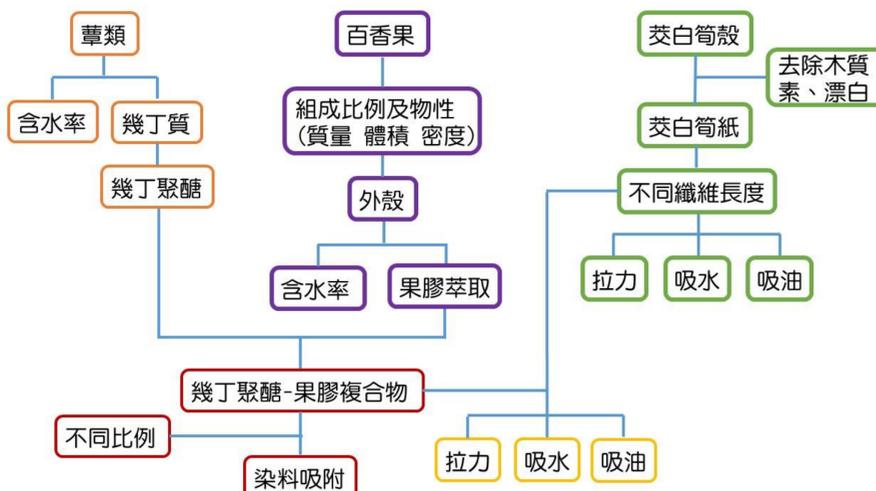
研究目的

- 一、測量百香果的各組織比例及果皮所含果膠量。
- 二、測量菇類的含水率及乾燥後的香菇幾丁質含量。
- 三、探討香菇幾丁聚醣與百香果果膠複合物吸附性質(水、油及染料)。
- 四、探討茭白筍殼紙的纖維長度在作用力、吸水及吸油的影響。
- 五、探討添加幾丁聚醣與果膠複合物的紙在作用力、吸水及吸油影響。

研究器材

實驗設備	恆溫槽、加熱板、電子秤、分光光度計、游標尺、拉力計、烘乾機。
實驗器材	瓷漏斗、濾紙(90mm)、漏斗、燒杯(100、250、500、1000mL)、滴管、量瓶(100mL、500mL)、離心管、量筒(100mL)、培養皿、微量滴管(0.1mL、1mL)。
實驗材料	茭白筍殼、香菇、秀珍菇、洋菇、金針菇、木耳、杏鮑菇、百香果
實驗藥品	蒸餾水、氫氧化鈉、雙氧水、鹽酸、醋酸、酒精(95%)。

實驗流程



研究結果

一、百香果的各組織比例(質量、體積、密度)

表1 百香果的各組織比例

組織	質量(g)	體積(cm ³)	密度(g/cm ³)
果實	79.326 ± 5.288	128 ± 15	0.637 ± 0.075
果肉	37.593 ± 3.820	36 ± 4	1.035 ± 0.020
果皮	41.132 ± 3.785	59 ± 13	0.702 ± 0.147

密度：果肉 > 果皮 > 果實
質量：果皮 > 果肉
體積：果皮 > 果肉

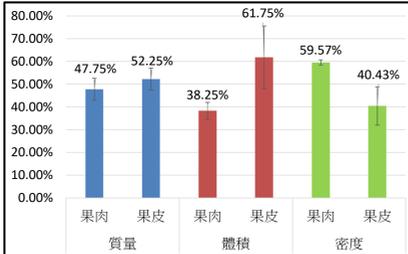


圖6 百香果組織質量、體積和密度比

二、百香果殼含水率及果膠比例：

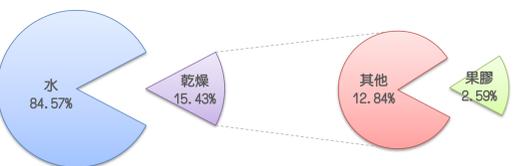


圖7 果殼含水率及果膠比例

百香果殼中水：84.57%；其他成分：15.43%；萃取果膠：2.59%，約為乾燥果殼總重的20%

三、常見市售菇類的含水率：

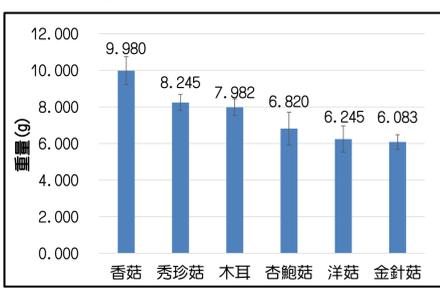


圖8 常見菇類每100g 乾重

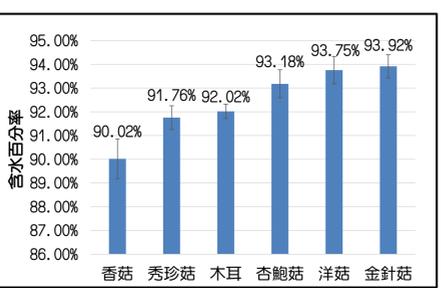


圖9 常見菇類含水率

乾重以香菇最高(9.980g)，而金針菇最低(6.083g)；含水率(%)，含水率最低的香菇為90.02%，最高則為金針菇93.92%，含水百分比均在90%以上。

四、香菇中幾丁質含量：

表2 香菇(150g)中幾丁質含量

次數	乾重(g)	幾丁質重(g)	幾丁質比率(%)
1	16.623	3.810	22.91
2	14.290	3.130	21.90
3	13.835	2.105	15.22
4	14.300	2.155	15.07
5	20.863	3.225	19.12
6	21.280	3.465	20.05
平均	15.532 ± 1.546	2.982 ± 0.700	19.05 ± 3.31
C.V.	9.96%	23.49%	17.36%

香菇中幾丁質比率(乾重/幾丁質重)由15.07%~22.91%不等，平均值19.05 ± 3.31%，約為其乾重的1/5，香菇乾重的C.V.(變異係數)為9.96%，而幾丁質比率17.36%

五、幾丁聚醣與果膠複合材料性質：

(一) 幾丁聚醣添加果膠後凝聚結果

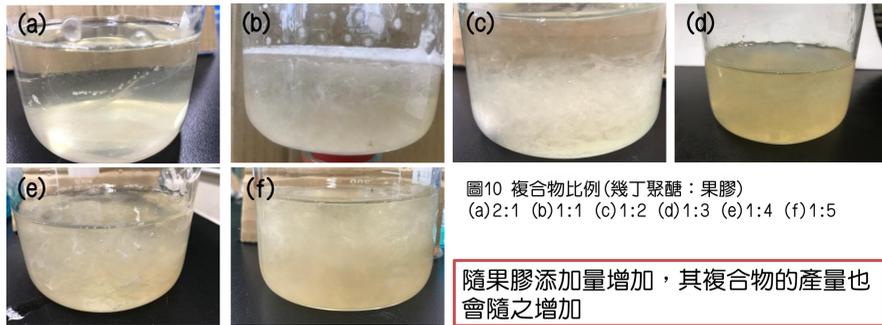


圖10 複合物比例(幾丁聚醣:果膠)
(a)2:1 (b)1:1 (c)1:2 (d)1:3 (e)1:4 (f)1:5

隨果膠添加量增加，其複合物的產量也會隨之增加

(二) 幾丁聚醣與果膠複合材料吸水率

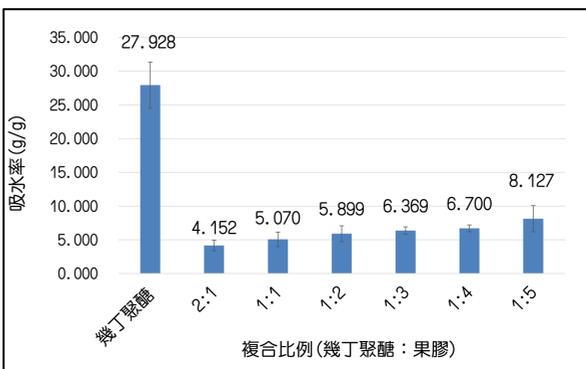


圖11 複合比例果膠吸水率

純幾丁聚醣的吸水率最好，吸水率可達27.928(g/g)，添加果膠後吸水率反而降低，2:1時其吸水率最低，隨果膠添加量增加，其吸水率會隨之上升，比例為1:5時可達8.127(g/g)

(三) 幾丁聚醣與果膠複合材料吸油率

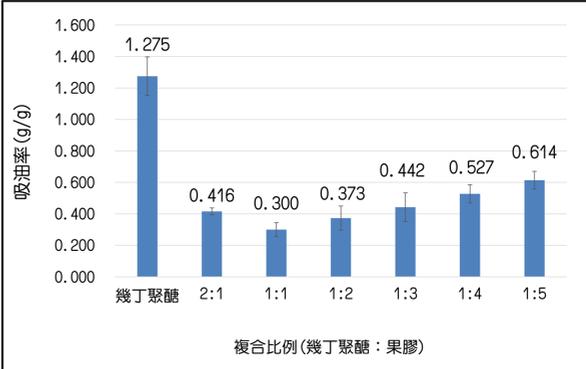


圖12 複合比例果膠吸油率

純幾丁聚醣的吸油率最好，複合物2:1吸油率較1:1高，複合物在1:1時吸油率最低，但隨果膠添加量增加，吸油率亦隨之上升，在1:5時可達0.614(g/g)。

六、幾丁聚醣與果膠複合材料對亞甲藍吸附能力

(一) 測量亞甲藍在10ppm下最大吸收波長

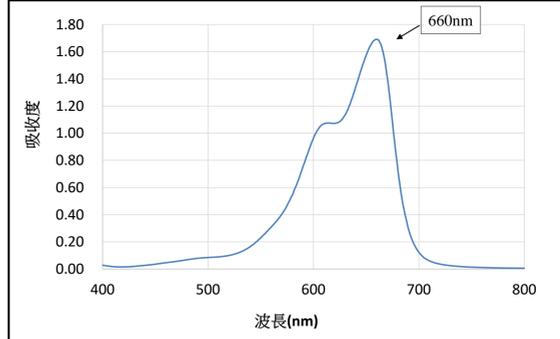


圖13 亞甲藍在10ppm最大吸收波長



分光光度計

最大吸收波長為660nm

(二) 亞甲藍吸收度對濃度檢量線

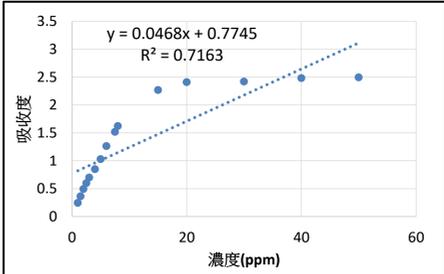


圖14(a) 亞甲藍1-50ppm檢量線

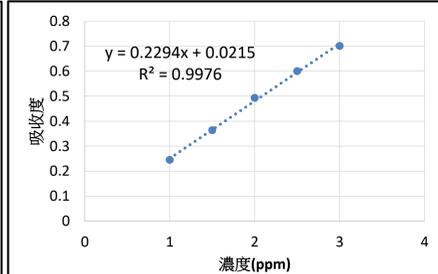


圖14(b) 亞甲藍低濃度下檢量線(1-3ppm)

低濃度下(<10ppm)才會呈線性關係，故之後實驗吸附後溶液若在高濃度下，需經過稀釋在10ppm下再進行測量。

1. 純幾丁聚醣

(1) 吸附平衡濃度C對原濃度作圖

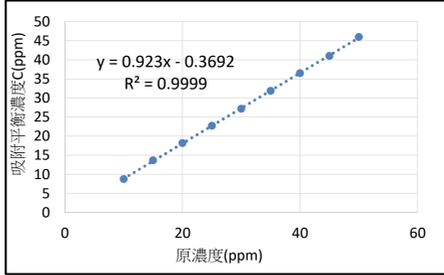


圖15(a)

(2) 吸附量X對原濃度作圖

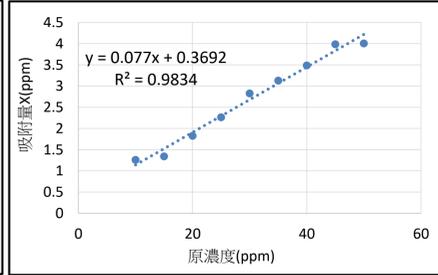


圖15(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

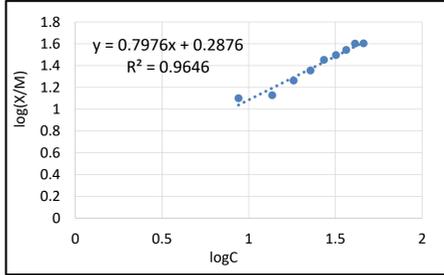


圖15(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

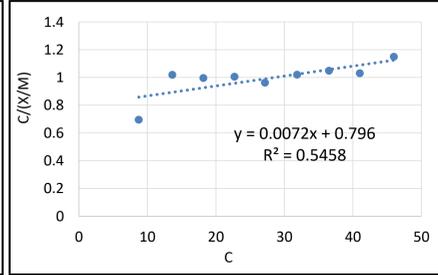


圖15(d)

吸附平衡濃度與原濃度呈線性關係，顯示溶液原濃度越高，吸附平衡濃度越大，由圖15b可知，其吸附量與原濃度的R²=0.9834，吸附量與原濃度有關，由Freundlich 吸附平衡方程式(圖15c)可知R²=0.9646，再由Langmuir 等溫吸附方程式分析(圖15d)可知R²=0.5458，故幾丁聚醣對亞甲藍的吸附比較符合物理吸附。

2. 幾丁聚醣與果膠複合比例2:1、1:1、1:2

(1) 吸附平衡濃度C對原濃度作圖

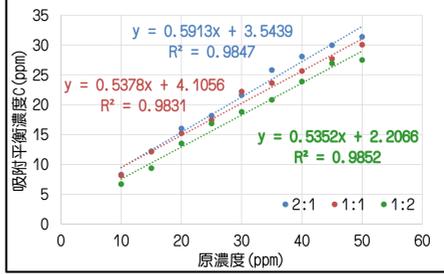


圖16(a) 圖17(a) 圖18(a)

(2) 吸附量X對原濃度作圖

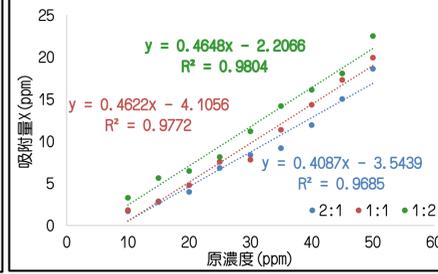


圖16(b) 圖17(b) 圖18(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

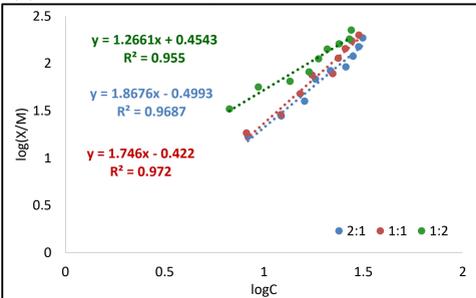


圖16(c) 圖17(c) 圖18(c)

圖16c、17c和18c吸附平衡濃度及吸附量皆隨與原濃度增加而有上升趨勢，由圖16d、17d和18d可知其吸附模式較接近物理吸附。

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

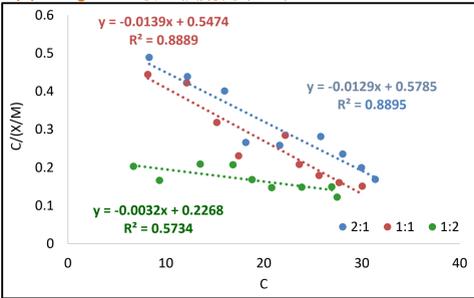


圖16(d) 圖17(d) 圖18(d)

(2) 吸附量X對原濃度作圖

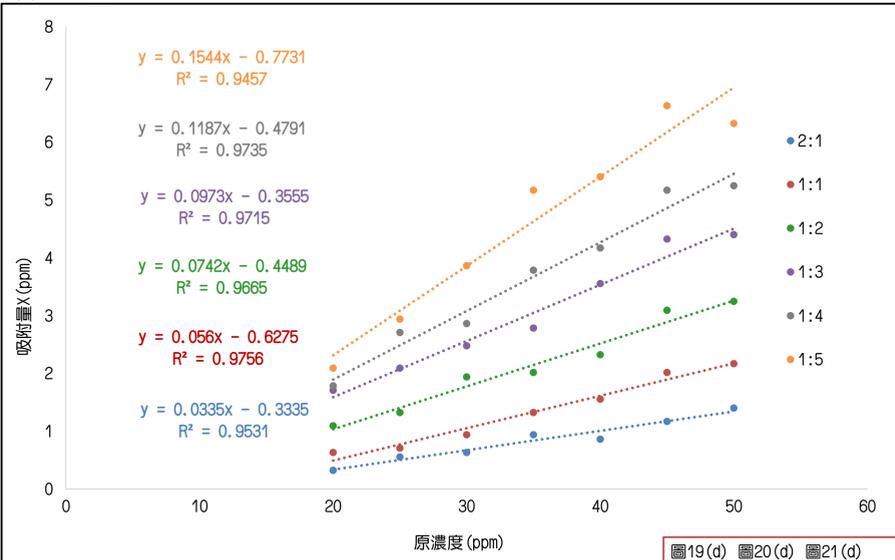


圖19(d) 圖20(d) 圖21(d)

3. 幾丁聚醣與果膠複合比例1:3、1:4、1:5

(1) 吸附平衡濃度C對原濃度作圖

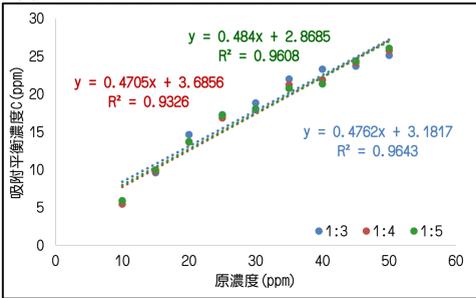


圖19(a) 圖20(a) 圖21(a)

(2) 吸附量X對原濃度作圖

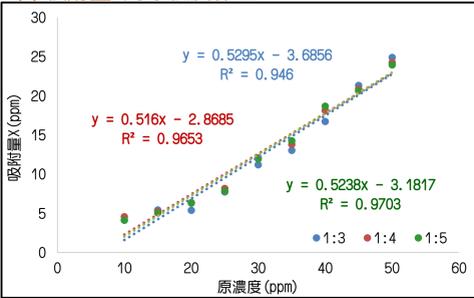


圖19(b) 圖20(b) 圖21(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

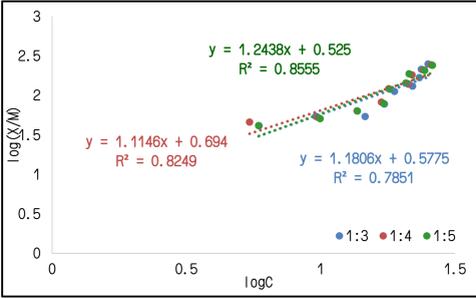


圖19(c) 圖20(c) 圖21(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

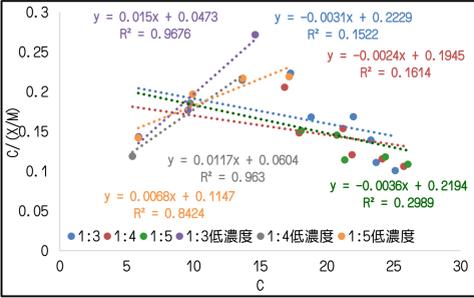


圖19(d) 圖20(d) 圖21(d)

由圖19a、20a、21a和19b、20b、21b可知，吸附平衡濃度C及吸附量X對原濃度的關係雖接近線性，但較上述R²低(純幾丁聚醣：2:1、1:1、1:2)，顯示可能受到其他因素影響；再由圖19c、20c、21c和19d、20d、21d可知，其吸附模式雖較接近物理吸附，由Freundlich 吸附平衡方程式可知，可能受到其他因素影響，再由Langmuir 等溫吸附方程式可知，在低濃度時會受到化學吸附影響，高濃度以物理吸附為主，隨果膠的比例增加，官能基改變，造成其吸附模式改變。

七、幾丁聚醣與果膠複合材料對甲基藍吸附能力

(一) 測量甲基藍在100ppm下最大吸收波長

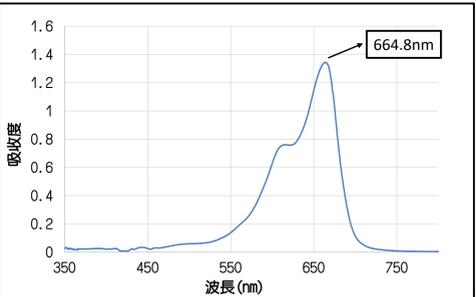


圖22 甲基藍100ppm下最大吸收波長(664.8nm)

(二) 甲基藍吸收度對濃度檢量線

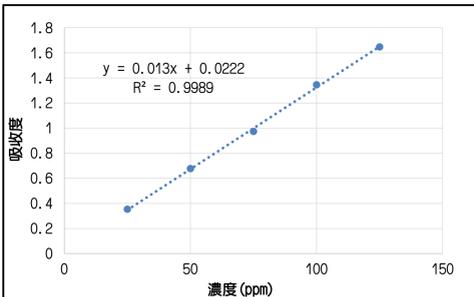


圖23 甲基藍吸收度與濃度檢量線

1. 純幾丁聚醣

(1) 吸附平衡濃度C對原濃度作圖

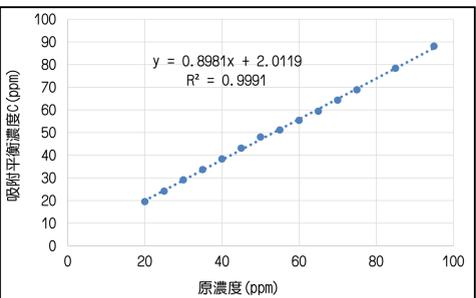


圖24(a)

(2) 吸附量X對原濃度作圖

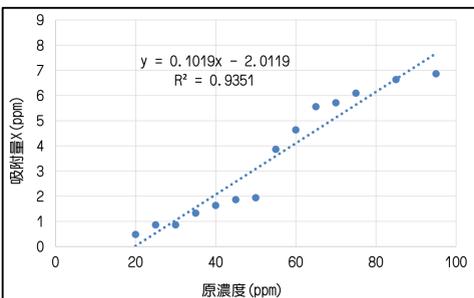


圖24(b)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

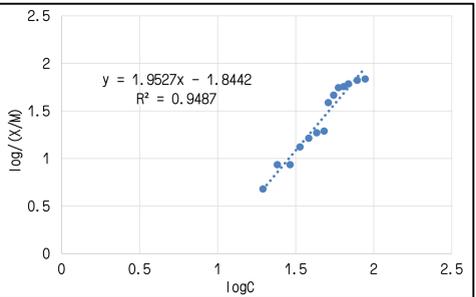


圖24(c)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

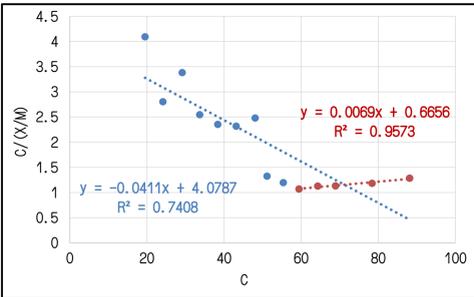


圖24(d)

純幾丁聚醣吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，但吸附量至高濃度時較為趨緩，再由圖24b的R²=0.9351，可能受其它因素影響，由圖24c顯示受物理吸附影響，但代入Langmuir 等溫吸附方程式後，在高濃度下會受到化學吸附影響。

3. 幾丁聚醣與果膠複合比例2:1、1:1、1:2、1:3、1:4、1:5

(1) 吸附平衡濃度C對原濃度作圖

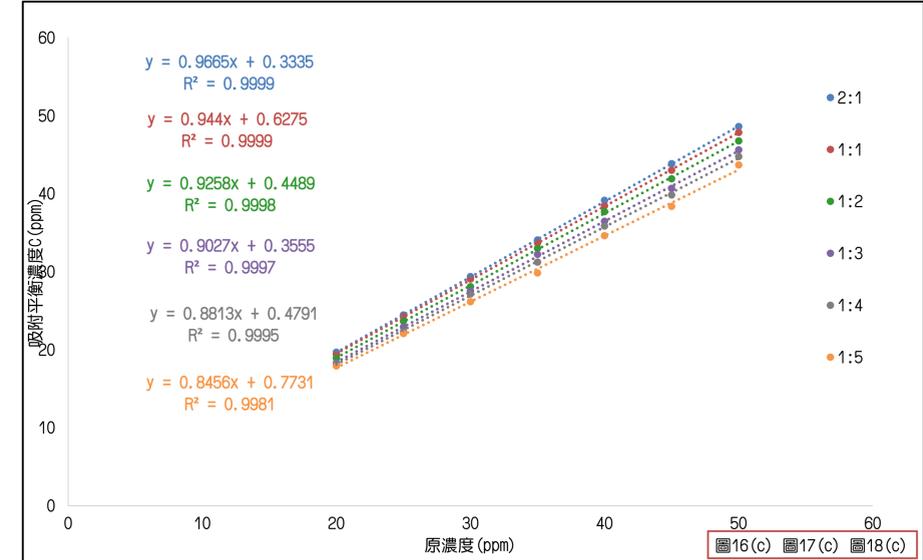


圖16(c) 圖17(c) 圖18(c)

(3) Freundlich 吸附平衡方程式

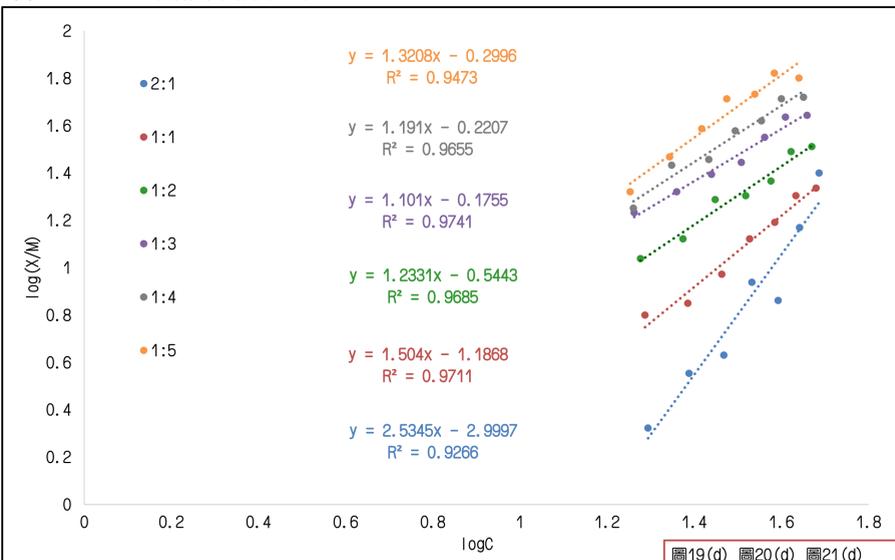


圖19(d) 圖20(d) 圖21(d)

(4) Langmuir 等溫吸附方程式

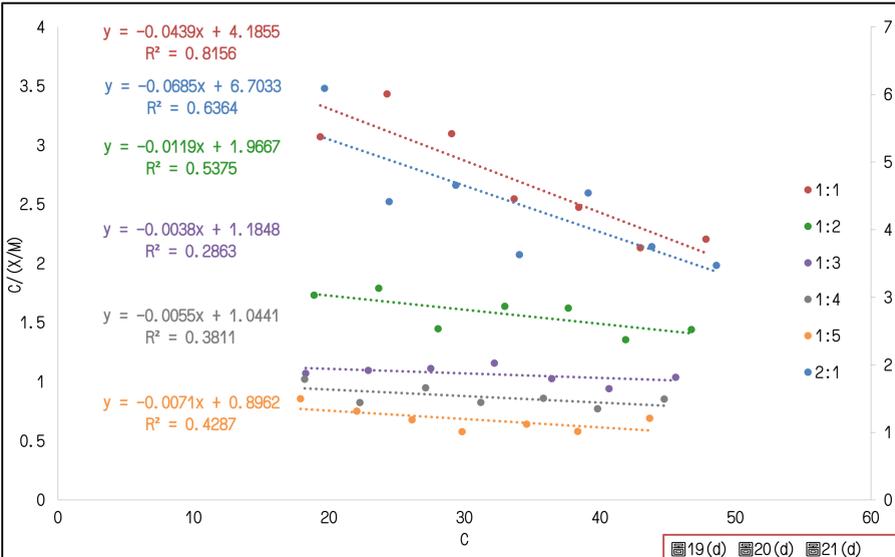


圖19(d) 圖20(d) 圖21(d)

由圖26a~26b可知，吸附平衡濃度與吸附量隨原濃度增加而上升，由Freundlich 吸附平衡方程式可得R²=0.9711(圖26c)，顯示隨果膠比例增加，吸附性質會更接近物理吸附，而在Langmuir 等溫吸附方程式R²=0.8156，但其斜率m=-0.0439<0(圖25d)較不受化學吸附影響，故其吸附模式較符合物理吸附。

八、茭白筍殼紙吸水和吸油測試

(一) 水的吸附測試：

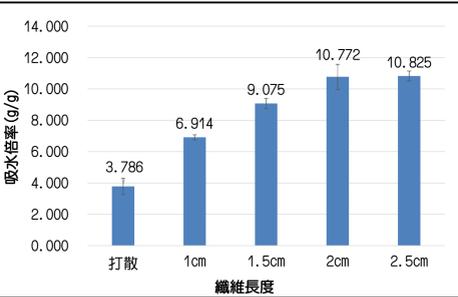


圖31 纖維長度與吸水倍率關係圖

(二) 水的吸附測試：

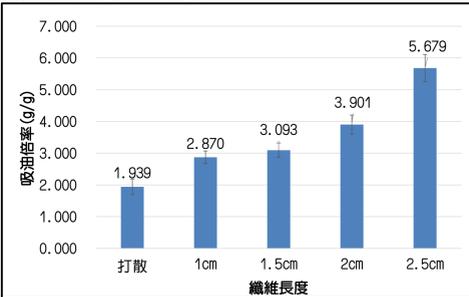


圖32 纖維長度與吸油倍率關係圖

取不同纖維長度製成的茭白筍殼紙比較其吸水能力，則發現茭白筍殼紙的吸水倍率會隨纖維長度增加而上升，纖維長度增加至2cm與2.5cm接近。茭白筍殼紙的吸油倍率亦會隨纖維長度增加而上升，纖維長2.5cm的紙吸油效果最好，茭白筍殼紙的吸油倍率較吸水倍率低，顯示茭白筍殼紙吸水能力較吸油能力佳。

九、茭白筍殼紙拉力測試：

表3 纖維長度、厚度與拉力關係

纖維長度	拉力(kgw)	厚度(mm)	截面積(cm ²)	應力(kgw/cm ²)
打散	1.01±0.18	0.11±0.01	0.02	44.25
1.0cm	1.01±0.16	0.18±0.02	0.04	31.29
1.5cm	1.33±0.22	0.21±0.03	0.04	30.87
2.0cm	1.39±0.14	0.23±0.01	0.05	30.64
2.5cm	1.59±0.23	0.59±0.06	0.07	23.06

其應力大小反而與纖維長度相反，纖維越長應力越小

十、茭白筍殼紙添加複合物吸水、吸油及拉力測試：

(一) 水的吸附測試：



圖33(a) 打散纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸水率

(二) 水的吸附測試：

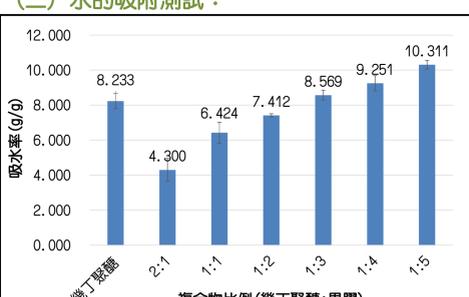
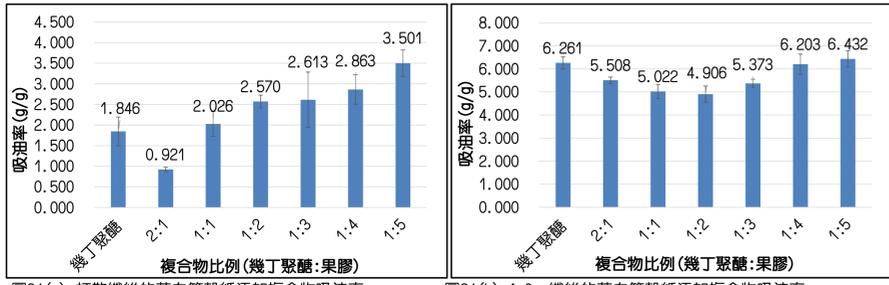


圖33(b) 1.0cm纖維的茭白筍殼紙添加複合物吸水率

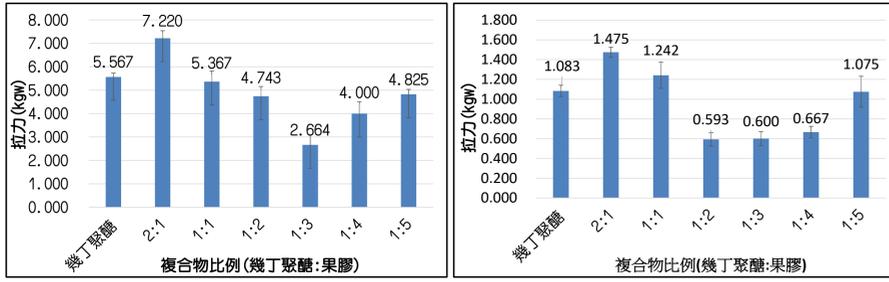
都在複合物1:5時達到最大，且1.0cm纖維吸水率較打散纖維的筍殼紙高，有較明顯的提升。

(二) 油的吸附測試：



- 打散纖維：在1:5時吸油率最高，果膠量增加，吸油率上升，吸油率比吸水率低。
- 1.0cm纖維：加入果膠後吸水率先下降後上升，吸油率在複合物1:2時最低，複合物1:5時最高。

(三) 拉力測試：



- 打散纖維：茭白筍殼紙在添加幾丁聚醣及複合物後，拉力有明顯的上升，添加果膠拉力會上升，直到複合物1:3時拉力最低，但隨果膠增加，其拉力反而上升。
- 1.0cm纖維：相較打散纖維拉力會下降許多，但在添加果膠後，拉力會上升，複合物2:1時達到最大，在1:2~1:4拉力接近且最小，在1:5時拉力反而會上升。

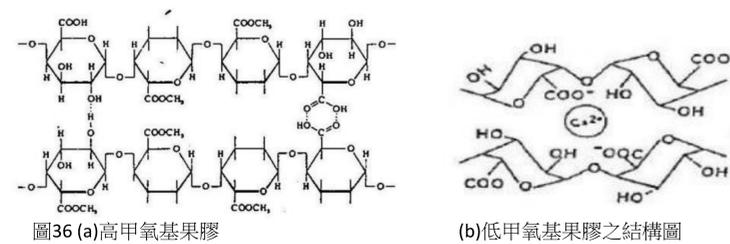
討論

一、百香果的各組織比例可知：

百香果果皮含水量佔很大的比例，富含果膠等有機物，若任意棄置易腐敗發臭，造成衛生環境的問題。

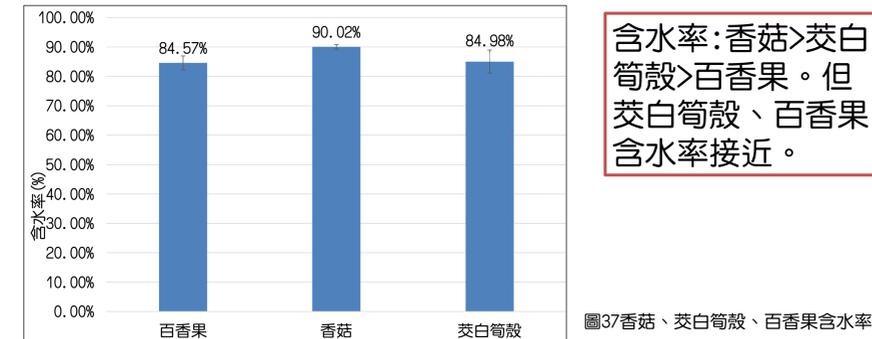
二、百香果膠萃取可知：

常見果膠多為高甲氧基果膠，酯化度50%以上，甲氧基含量7%以上，在高糖環境可靠氫鍵凝膠，經過修飾後，可成為低甲氧基果膠(圖36a)，酯化度50%以下，甲氧基含量7%以下，以羧基與二價陽離子形成架橋，產生網狀結構，故其凝膠不太受糖、酸影響(圖36b)。百香果殼內含果膠，加工食品，製作過程中需添加糖和酸，果膠凝聚且不加糖，所以我們加入95%酒精使果膠析出。



三、由市售常見的菇類含水率可知：

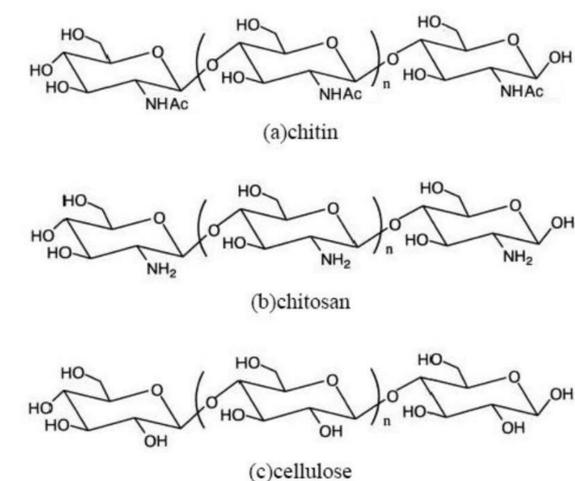
茭白筍和香菇農業廢棄物含水量均很高，菇類為真菌類其纖維主要構造為幾丁質，能保持潮濕狀態且耐酸鹼，在食用後不完全被身體消化吸收而排出，故在自然環境中任其自然分解會保留大量水分及造成環境衛生的問題。



含水率:香菇>茭白筍殼>百香果。但茭白筍殼、百香果含水率接近。

四、由香菇中幾丁質含量的實驗可知：

幾丁質分子結構與纖維素(圖38c)相似(Knoor, 1984)，有許多相當緊密的氫鍵結合結構(圖38a)，需以高溫及高濃度的鹼液將幾丁質經去乙酰化作用除去部分或全部的乙酰基變成胺基後，即得幾丁聚醣，幾丁聚醣被視為膳食纖維之一，可吸附油脂、膽固醇，其結構如附圖(38b)。



烘乾後的香菇其幾丁質含量約占19.05%與文獻中接近，香菇乾重的變異係數為9.96%，顯示乾燥的香菇間重量差異並不大，可能為水分含量所佔的比例相當高達(90%)，而香菇乾重佔整株比例少造成差異較小的原因。而香菇中幾丁質的變異係數為29.36%，顯示不同香菇間所含的幾丁質差異較大，可能原因為香菇由上而下，分為菌傘、菌褶、菌柄，有組成部位的差異外(圖39a)，其成分除了醣類外，尚有蛋白質、脂肪及礦物質等其他物質(圖39b)，其含量亦會影響幾丁質的比例，故幾丁質在各香菇中的含量差異性較大。



圖39 (a) 香菇的型態

營養標示		
每份重量100公克 本包裝含3份	每份 重100公克	每100公克
熱量	368大卡	368大卡
蛋白質	24.3公克	24.3公克
脂肪	2.5公克	2.5公克
飽和脂肪	0.4公克	0.4公克
反式脂肪	0.0公克	0.0公克
碳水化合物	62.0公克	62.0公克
糖	0.0公克	0.0公克
鈉	15毫克	15毫克

食品 產地: 台灣

(b) 香菇成分

五、幾丁聚醣與果膠複合材料性質比較：

幾丁聚醣溶液和果膠，主要相互作用在果膠的-COOH和幾丁聚醣的-NH₂之間，在溶液中果膠羧基與幾丁聚醣氨基通過離子鍵形成交聯，而兩者比例會影響其複合物性質。

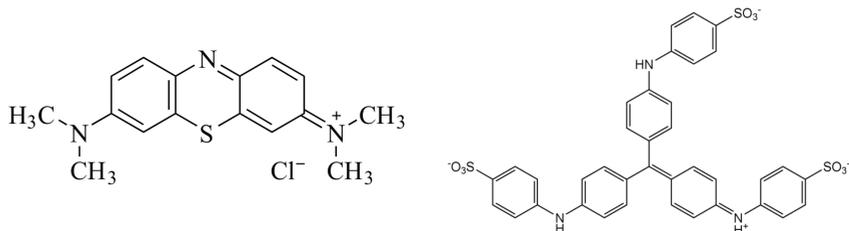
六、複合物吸水、吸油及染料測試：

複合物吸水吸附：幾丁質去乙酰基後的幾丁聚醣，可溶於稀酸中，且有良好的吸水能力，在添加果膠後，使分子間距離縮小且親水官能基減少，在2:1時吸水率降低，故隨果膠添加量增加，其吸水率亦隨之上升。

複合物吸油吸附：幾丁聚醣為有機物且帶有正電的特性，對油脂有良好的吸附能力，添加果膠後幾丁聚醣的比例降低，吸油能力會下降，至1:1時最低，但隨果膠添加量增加，對油的吸附率會上升。

複合物對亞甲藍吸附(C₁₆H₁₈N₃ClS)：由於亞甲藍帶正電(圖40a)，故隨果膠的添加其吸收量也會增加，複合物富含-OH基團，對於水吸收良好，故多以物理吸附為主，但隨果膠添加量增加，在幾丁聚醣與果膠比例1:3後，且在低濃度下會有化學吸附。

複合物對甲基藍吸附(C₇H₇N₃Na₂O₉S₃)：甲基藍帶負電(圖40b)，但由於幾丁聚醣的-NH₂用以鍵結，故吸附以果膠部分為主，隨果膠的添加其吸收量也會增加，但其吸附均以物理吸附為主。



七、由茭白筍殼紙吸水、吸油測試可知：

(一) 吸水測試：用於造紙去除木質素後，所留下的纖維素及半纖維素使得結構較為柔軟，但仍保有原先吸水特性，吸水倍率為11.192倍，其原因可能跟水生植物纖維亦於吸水的特性有關，吸水倍率高和茭白筍殼纖維不易乾、不易腐敗的特性相符。

(二) 吸油測試：表面積越大而吸油能力越強，茭白筍殼纖維相較於其他紙類有較長的纖維及表面積，能利用毛細作用有效的進入纖維中，除易被吸收外也不易流失。

八、由茭白筍殼紙拉力測試可知：

但纖維越長所製成的紙會越厚，且較為蓬鬆，由於所製的紙厚度較薄且不均勻，需多張測量其平均厚度，並多次測量求其拉力及厚度平均值，再由厚度得到截面積，由拉力和截面積求出應力大小，應力大小反而和纖維長度相反，除纖維長度外，尚須考慮截面積因素和有效摩擦力。

九、茭白筍殼紙添加複合物吸水、吸油及拉力測試：

(一) 吸水測試：紙在添加複合物後，會受到兩者共同影響，複合物1:5時吸水率最大，且1cm的纖維較長，可有較多的空間吸收及保留水分，故會有較高的吸水率。

(二) 吸油測試：由於塗佈的複合物受到果膠的影響，吸油率會先下降而後上升，複合物1:5時吸油效果最好，且紙的纖維較長吸油率亦較大。

(三) 拉力測試：打散的筍殼紙因複合物的添加，大幅增加了其韌性使其緊密度提升，但某些比例反而會下降，可能是纖維長度越長，製成的紙越厚越鬆散，塗佈時膠體無法有效滲入，且膠體中的酸性亦會對紙結構造成影響，使拉力無法有效提升。

結論

- 菇類茭白筍殼百香果果皮含水量很高任意棄置會造成環境汙染。
- 百香果果皮可製成加工食品，也可萃取豐富的果膠再利用；蕈類內含幾丁質，製成素食者相關產品可增加使用客群。
- 果膠加入幾丁聚醣中，且加入越多果膠形成複合物越多，所製成的複合物對染料的吸附量均隨果膠的比例增加；亞甲藍除物理吸附外，在幾丁聚醣：果膠為1：3以上且在低濃度下有化學吸附，而對甲基藍的吸附均為物理吸附。
- 茭白筍殼纖維製成的紙，其纖維長度越長拉力越大，但厚度也越厚，應力反而越小，所以打散的纖維製成的紙應力較佳；吸水和吸油能力來看，纖維越長中間空隙越多，吸取的油和水會較多。
- 添加幾丁聚醣與果膠複合物塗佈在茭白筍殼紙上測其性質，塗佈後紙張均有可撓性，其吸水和吸油能力會隨果膠比例增加而上升，而拉力有明顯提升，可做為醫藥、美妝等新的材料，且可減少環境汙染。

參考資料

- 黃家澤，黃加好。「蕉」慮變「膠」傲一香蕉果膠的探討與應用。第52屆中小學科會。臺中市立大墩國民中學。
- 顏名聰(2005)。香菇柄幾丁質與幾丁聚醣之理化性質與生理活性及其應用，國立中興大學碩士論文，未出版，台中市。(其餘資料詳見作品說明書)