

投稿類別：自然科學類

篇名：

黴菌秘密，麴之道

.....

作者：

陳宣語。縣立花崗國中。八年 14 班

指導老師：

蔣樹銘老師

賴珮瑄老師

# 黴菌秘密，麩之道

## 壹、前言

### 一、研究動機

近幾年，食安問題這個現在進行式，受到民眾高度重視。在報章、網路常見到花生發霉而汙染黃麩毒素的新聞。從文獻得知，黃麩毒素是最強的自然致癌物質，會引起肝癌，也具有肝毒性，甚至會死亡，是國際間很受重視的食安問題。很好奇為什麼是花生?其他食物會汙染黃麩毒素嗎?糖可用為防腐劑，含有花生與糖的花生糖又如何?為何花生糖還會有黃麩毒素呢?

### 二、研究目的

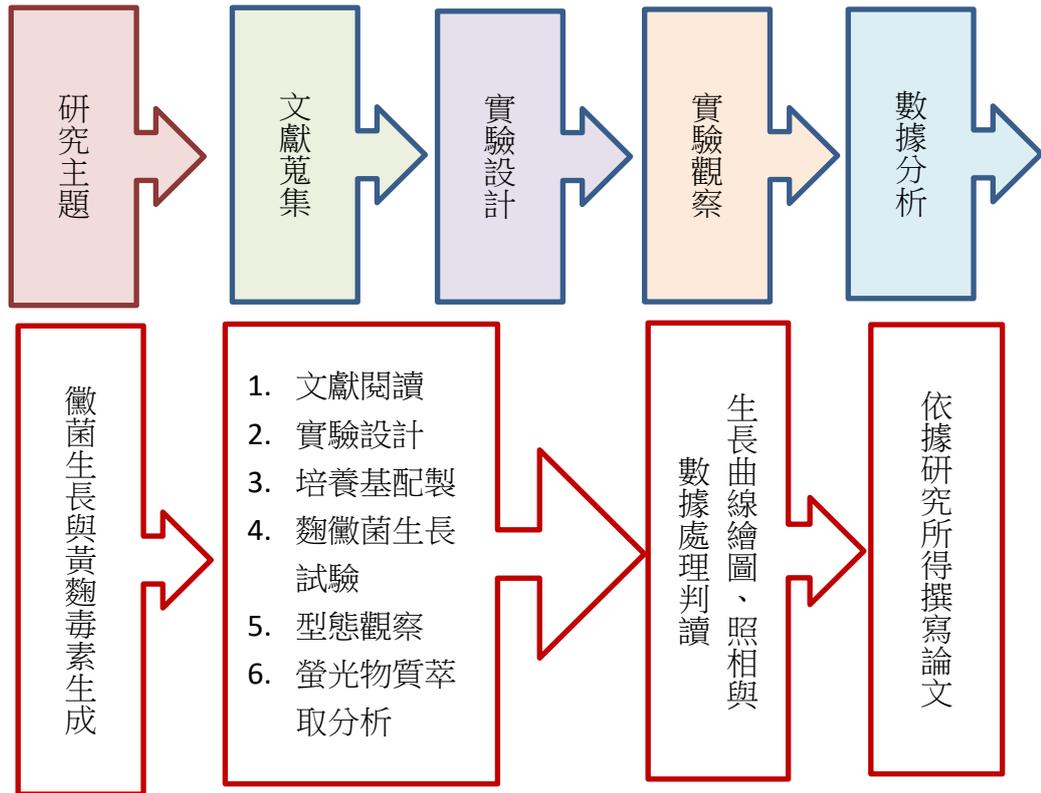
- (一)了解黴菌在不同食物生長情形與產生黃麩毒素的能力
- (二)了解麩黴菌在不同糖濃度下，生長情形與產生黃麩毒素的能力
- (三)糖份對麩黴菌在花生粉中產生黃麩毒素的影響。

### 三、研究方法

- (一)取花生、花生醬、澱粉、糖與咖啡等常食用的食品製作洋菜培養基，再接種由花生分離出的麩黴菌，觀察麩黴菌在各種培養基的生長速率，再萃取黃麩毒素，量測螢光強度推算黃麩毒素含量。
- (二)麩黴菌接種於不同糖濃度下的洋菜培養基，觀察麩黴菌的生長速率與型態變化，再量測所產生的黃麩毒素含量。
- (三)配製含不同糖濃度的花生粉，接種麩黴菌，量測所產生的黃麩毒素含量。
- (四)接種於花生粉與糖份不同組合，量測麩黴菌黃麩毒素產生量

四、預期能了解麩黴菌在哪些食物最容易生長與產生黃麩毒素，提醒民眾避開易汙染黃麩毒素的食物。

### 五、研究架構



## 一、文獻探討：

人類每天都須要進食，但吃進肚子的食物安全嗎？這是每個人都關心的問題。發霉的食物沒人敢吃，在報章、網路常見到花生發霉而污染黃麴毒素的新聞。從文獻得知，黃麴毒素是最強的天然致癌物質，會引起肝癌，也具有肝毒性，甚至會引起死亡，是國際間很受重視的食安問題。1959年，英國發生火雞 X 疾病，後來證實是花生粉中的黃麴黴菌所引起。以甲醇萃取花生粉中的毒素，用紫外光照射呈現藍色螢光，黃麴毒素主要由黃麴黴菌與寄生麴黴菌所產生，因而命名為黃麴毒素<sup>(1)</sup>。受污染食物包含花生、玉米、堅果、香辛類、米與麥類等，我國近年來，污染黃麴毒素不合格的食品以花生為主，其次為薏仁、開心果、花椒與辣椒粉等<sup>(2,3)</sup>。其中花生糖主成份為花生與糖，高濃度糖用於糖漬食品，會抑制微生物生長，但實際調查結果，添加麥芽糖與蔗糖的花生糖常發現污染黃麴毒素，糖對麴黴菌的生長與黃麴毒素的生成的影響，尚無相關研究可供參考。另國人經常飲用的咖啡最受重視的是赭麴毒素 A，有少數研究提及於咖啡檢出黃麴毒素，本研究探討咖啡對麴黴菌的生長與黃麴毒素的生成的影響。



圖一、子囊菌綱特徵(南京農業大學, 2017)

麴黴菌於前述食品適合生長溫度為 25°C~30°C 之間，含水量在 16~20%<sup>(2)</sup>，為研究黴菌生長速率，可以量測培養後不同時間菌絲乾燥重量，但難以區分剩餘培養基質重量與菌絲真正的重量<sup>(4)</sup>，最為簡易的方法是培養於洋菜培養基，記錄不同時間菌落直徑，由於黴菌分為營養菌絲與向上生長的氣生菌絲，前者於基質中匍匐生長，後者會垂直向上生長，頂端形成孢子囊，內有孢子<sup>(5)</sup>，菌絲在洋菜培養基中分解其中的養份，逐步向外伸展，但受半固態洋菜的限制，菌落約略呈現環形，而得以除觀察菌落直徑推估其生長速率。除此之外，尚可以肉眼觀察菌絲與孢子囊型態，也可用光學顯微鏡觀察菌絲與孢子囊在不同培養

條件下的型態變化。

螢光是一種光致冷發光現象。當某種常溫物質經某種波長的人射光（通常是紫外線）照射，吸收光能後進入激發態，並且立即退激發並發出出射光（通常波長比入射光的波長長，在可見光波段）；而且一旦停止入射光，發光現象也隨之立即消失，具有這種性質的出射光就被稱之為螢光<sup>(6,7)</sup>。黃麴毒素是指一群由麴黴菌生成的物質及其代謝產物，主要分為 B 群與 G 群，經照射紫外光，前者會發出藍色(Blue)螢光，後者為綠光(Green)<sup>(8,9)</sup>，陳宣語等曾以紫外光照射發黴花生仁，花生仁呈現藍色<sup>(10)</sup>，惟肉眼無法辨識螢光強弱，市售毒素快速檢驗試劑也可以偵測出黃麴毒素<sup>(11)</sup>，但價格不便宜而且無法定量。食品藥物管理署公告之黃麴毒素檢驗方法，利用抗體萃取出食品中污染的黃麴毒素，再以液相層析螢光偵測儀經層析管柱分離，可檢驗 4 種黃麴毒素，最低可測出 0.2 ppb 的黃麴毒素<sup>(12)</sup>；本研究無法取得昂貴的抗體管柱與層析管柱，故將檢液注入液相層析儀，讓檢液不經過層析管柱分離，直接通過管徑 0.5 mm 的細管約 2 公尺，再以螢光偵測儀分析，經分析軟體處理後，橫軸為時間，縱軸為螢光強度，繪出圖形呈鍾形，稱為波峰，經分析軟體計算其面積，該面積正比於螢光物質濃度，可用於推算原始檢體中螢光物質含量，因本研究未使用層析管柱，檢液中螢光物質未分離，因此波峰代表檢液中所有會發螢光的物質。

本研究目的在於了解黴菌在不同食物生長情形與產生黃麴毒素的能力，了解麴黴菌在不同糖濃度下，生長情形與產生黃麴毒素的能力，及糖份對麴黴菌在花生粉中產生黃麴毒素的影響。

研究方法，包含（1）取花生、花生醬、澱粉、糖與咖啡等常食用的食品製作洋菜培養基，再接種由花生分離出的麴黴菌，觀察麴黴菌在各種培養基的生長速率，再萃取黃麴毒素，量測螢光強度推算黃麴毒素含量。（2）麴黴菌接種於不同糖濃度下的洋菜培養基，觀察麴黴菌的生長速率與型態

變化，再量測所產生的黃麴毒素含量(3)配製含不同糖濃度的花生粉，接種麴黴菌，量測所產生的黃麴毒素含量(4)接種於花生粉與糖份不同組合對麴黴菌在花生粉中。

預期能了解麴黴菌在哪些食物最容易生長與產生黃麴毒素，提醒民眾避開易汙染黃麴毒素的食物。

## 二、材料與方法

(一) 麴黴菌菌株：使用陳宣語等人於 2015 年自花生分離會發出藍色螢光之麴黴菌，保存於 10% 甘油，置於 -30°C 保存。

(二) 培養基配製

取花生粉、花生醬(含 12% 蔗糖)、太白粉、咖啡粉(未含糖)、特級砂糖、洋菜，依表一秤取各組材料置入燒杯中，加入純水至 100ml 刻度，杯口再蓋上一層鋁箔紙，避免被環境中的微生物汙染，放入高壓滅菌釜，以 121°C 高壓滅菌 15 分鐘。用電動吸管接上無菌吸管，吸取 20 ml 各組培養基(液狀)，置入塑膠培養皿中(直徑 9 cm)，靜置，等待培養基凝固。

表一、黴菌培養基之配製

	A 花生粉	B 花生醬	C 太白粉	D 咖啡粉	E 蔗糖 2%	F 蔗糖 5%	G 蔗糖 10%	H 蔗糖 20%	I 蔗糖 30%
花生粉	2 g	-	-	-	-	-	-	-	-
花生醬	-	2g	-	-	-	-	-	-	-
太白粉	-	-	2g	-	-	-	-	-	-
咖啡粉	-	-	-	2 g	-	-	-	-	-
蔗糖	-	-	-	-	2 g	5 g	10 g	20 g	30 g
x 洋菜	1.5 g	1.5 g	1.5 g	1.5 g	1.5 g				

- (三)黴菌孢子液配製、接種與培養:取陳宣語等於 2015 年分離之麴黴菌，以含 10%甘油之溶液冰存於-20℃，解凍後以接種環畫線於花生粉培養基，置於室溫(28 °C)陰暗處培養 3 天，吸取 5ml 無菌水置入試管中，再以無菌吸管沾取麴黴菌孢子，與無菌水均勻混合為黴菌孢子液。
- (四)黴菌生長速率觀察：取各組培養基一片，於背面以紅筆作 3 點記號，另取 3 片培養基於背面以紅筆於中心點作記號，以無菌接種針沾取孢子液，於前述培養基正面於紅色記號處輕沾，接種後培養基置入塑膠保鮮盒，於旁邊放置沾濕之衛生紙，蓋上蓋置於 28 °C 陰暗處培養。於培養後第 2 天起，每日以尺量取菌落直徑，直至菌落前沿接觸培養皿邊緣，使用微軟 EXCEL 軟體，以日數為橫軸，菌落直徑為縱軸，繪製生長曲線圖。以顯微鏡觀察黴菌型態，放大倍率 50 倍(接物鏡 5x，接目鏡 10x)。
- (四) 黃麴毒素生成量推算：取接種麴黴菌 3 點培養之洋菜培養基，以 50 mL 塑膠試管於 3 點培養中心取出 3 處圓形洋菜培養基，加入 95%乙醇 20 mL，以均質機 5000 rpm 粉碎 3 分鐘，收集均質液於 50 mL 塑膠試管，均質杯再以 95%乙醇清洗後與均質液混合，以 95%乙醇定量至 50 mL。參考食藥署公告黃麴毒素檢驗方法，使用液相層析儀(不使用層析管)，移動相為 50%乙醇，流速 0.8 mL/分，每一檢體注射量為 0.05 mL，最後以螢光偵測器檢測，激發波長為 360 奈米，發射波長為 440 奈米，數據處理使用儀器附屬軟體。依檢體波峰面積扣除空白對照檢體波峰面積值，以花生粉波峰面積值為比較基準，計算各種食品基質接種黴菌後產生黃麴毒素的比值，推算各種食品基質產生黃麴毒素的相對能力。
- (五) 黴菌在不同蔗糖濃度下生長速率比較：依表一配製 2%、5%、10%、20%與 30%蔗糖濃度洋菜培養基。依(二)接種黴菌並觀察菌落直徑，以 EXCEL 軟體繪製生長曲線。
- (六) 黴菌在不同蔗糖濃度下黃麴毒素生成量推算：取接種麴黴菌 3 點蔗糖洋菜

培養基，同(六)萃取並分析黃麴毒素生成比值，推算各種蔗糖濃度下相對於花生粉之黃麴毒素產生相對能力。

(七) 含不同糖濃度的花生粉產生黃麴毒素能力觀察：

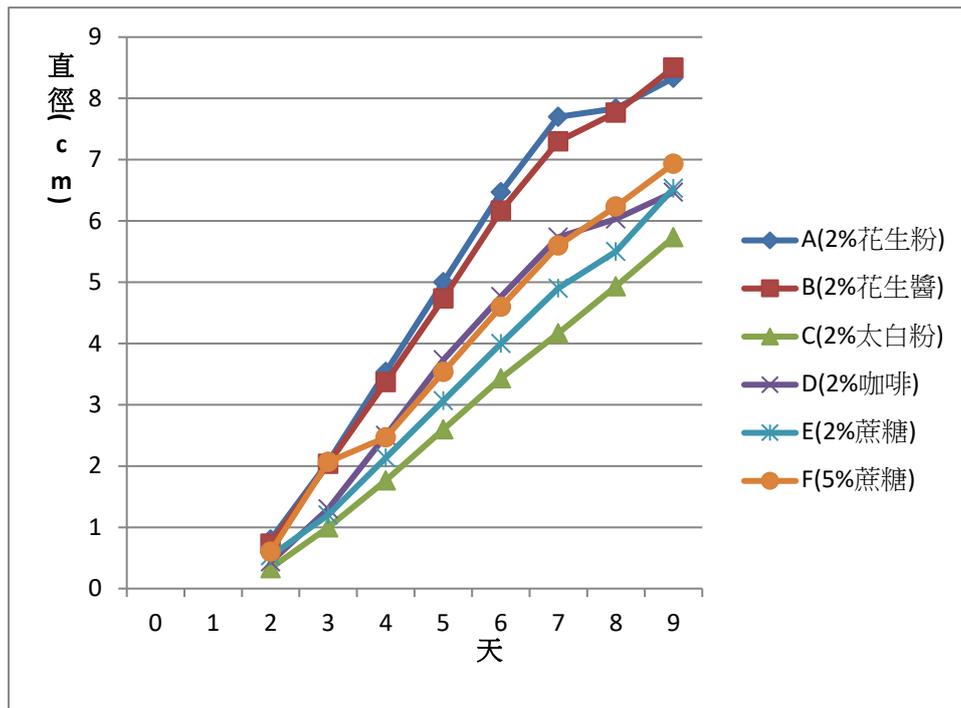
依表二秤取花生粉與蔗糖，置入 50 mL 塑膠試管，以 100 °C 殺菌 15 分鐘。接種黴菌，置於 28 °C 暗室培養 7 日，再加入 20 mL 乙醇，如(五)萃取並分析黃麴毒素生成比值，推算各種蔗糖比率對於花生粉之黃麴毒素產生能力。

表二、不同糖濃度花生粉配製

	花生粉	2%蔗糖+花生粉	10%蔗糖+花生粉	30%蔗糖+花生粉	50%蔗糖+花生粉
花生粉(g)	1	0.98	0.9	0.7	0.5
蔗糖(g)	0	0.02	0.1	0.3	0.5
水 (mL)	1	1	1	1	1

三、 結果:

(一) 黴菌生長速率觀察



圖二、麴黴菌於各種培養基菌落直徑變化

1. 實驗步驟：

- (1) 麴黴菌接種於各種培養基，各 3 重複，取平均值繪製生長曲線
- (2) 黴菌型態觀察，以肉眼與顯微鏡觀察菌落型態。

2. 實驗結果：

- (1) 以 2%花生粉與 2%花生醬中生長最快速，其次依序為 2%咖啡與 5%蔗糖、2%蔗糖，2%太白粉最慢，於 5%蔗糖較 2%蔗糖生長為快，如圖二。

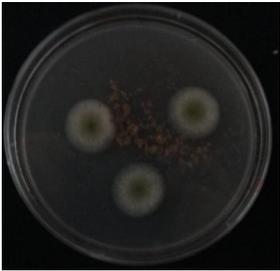
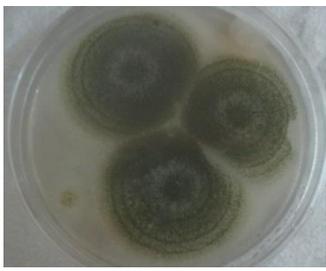
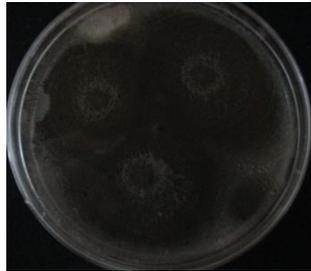
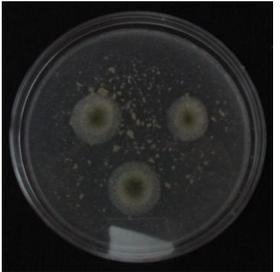
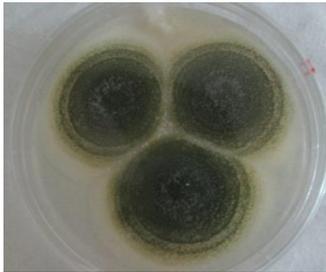
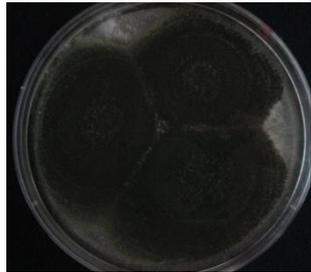
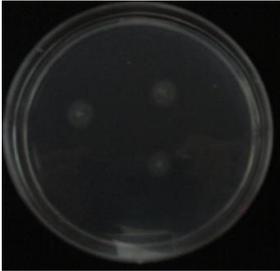
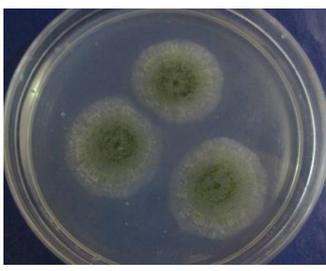
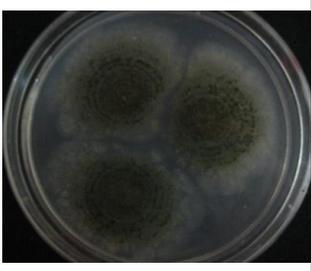
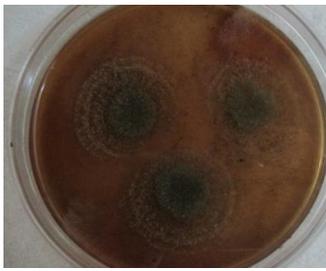
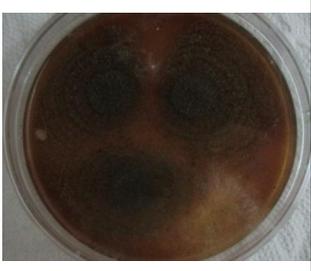
(2) 形態觀察：

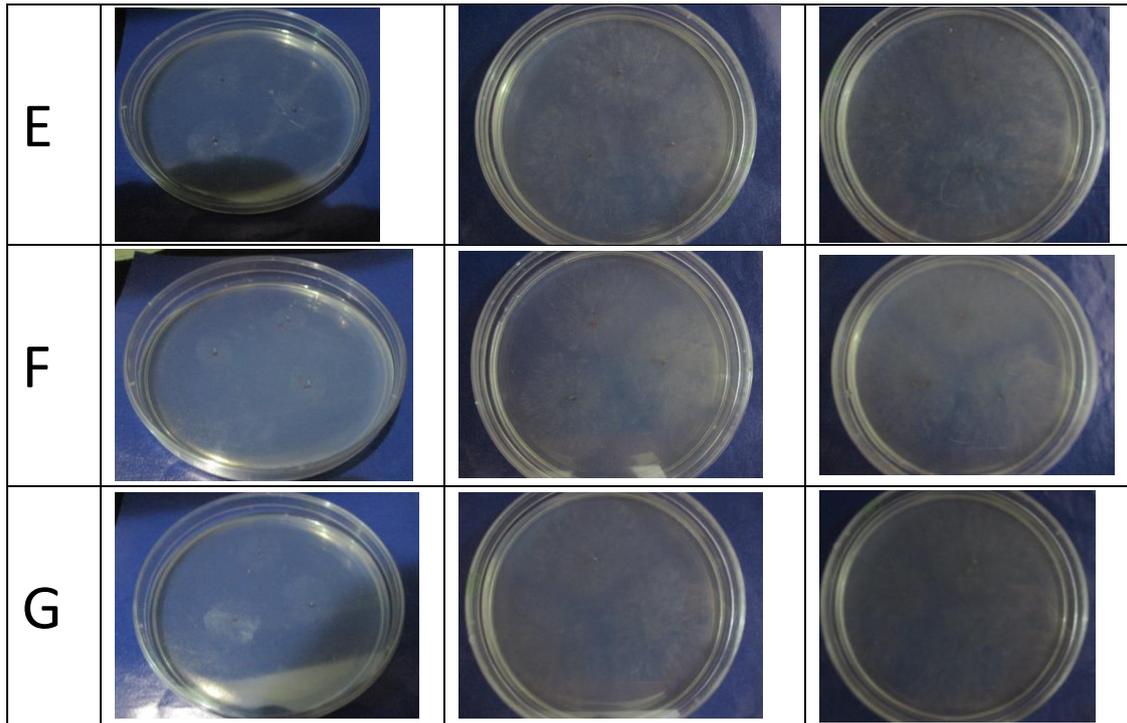
1. 2%花生粉：由中心區域向外擴展，最外圍呈淡黃褐色，中心區域呈墨綠色，交界處呈輪狀生長，越近中心越稠密，呈眼狀。外圍菌絲排列較為整齊向外延伸，墨綠色者在顯微鏡下清楚呈現是孢子囊，越接近中央越密集，由氣生菌絲向上延伸，頂端形成孢子囊，圖三 A 與圖四 A。
2. 2%花生醬：類似 2%花生粉，圖三 B 與圖四 B。
3. 2%太白粉：類似 2%花生粉，惟周圍呈白色，白色所占比例較花生粉為

大，中央孢子囊不若花生粉密集，菌絲生長方向一致，圖三 C 與圖四 C。

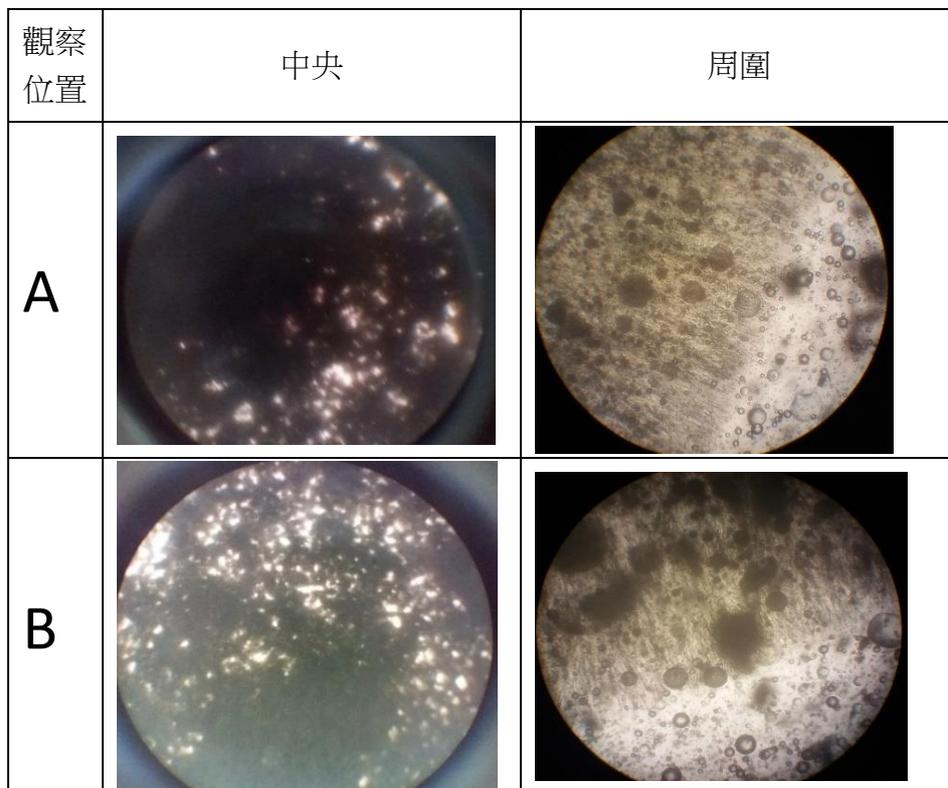
4. 2%咖啡：類似 2%花生粉，中央孢子囊不若花生粉密集圖三 D 與圖四 D。

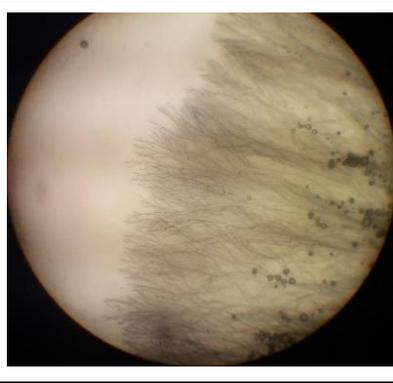
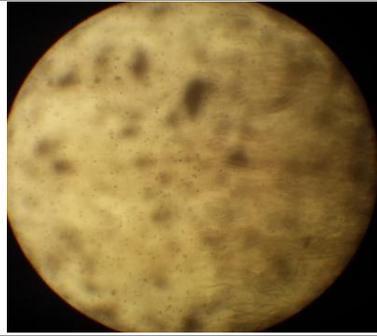
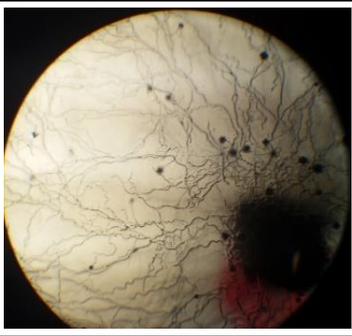
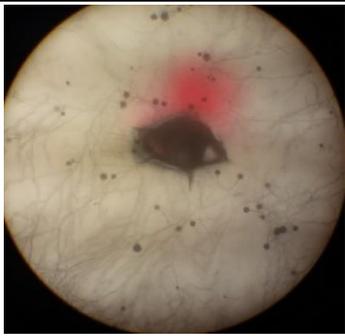
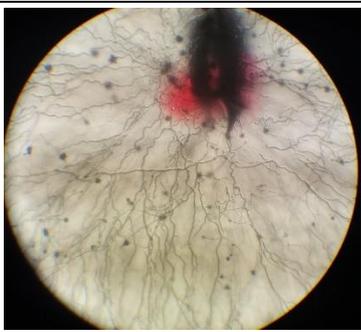
5. 2%糖：菌落呈白色，中央僅有稀疏孢子囊，菌絲密度較其他組稀疏，菌絲生長方向較不一致，圖三 E 與圖四 E。

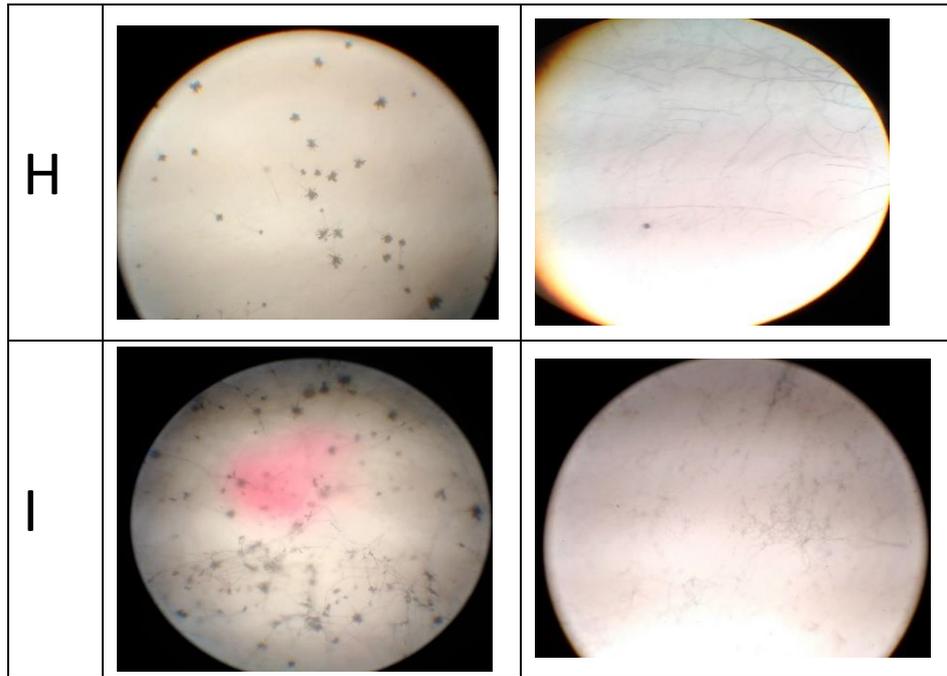
培養時間	第 2 天	第 5 天	第 8 天
A			
B			
C			
D			



圖三、麴黴菌於培養基菌落特徵與比較，(A) 2%花生粉；(B) 2%花生醬；(C) 2%太白粉；(D) 2%咖啡粉；(E) 2%蔗糖；(F) 5%蔗糖；(G) 10%蔗糖



C		
D		
E		
F		
G		

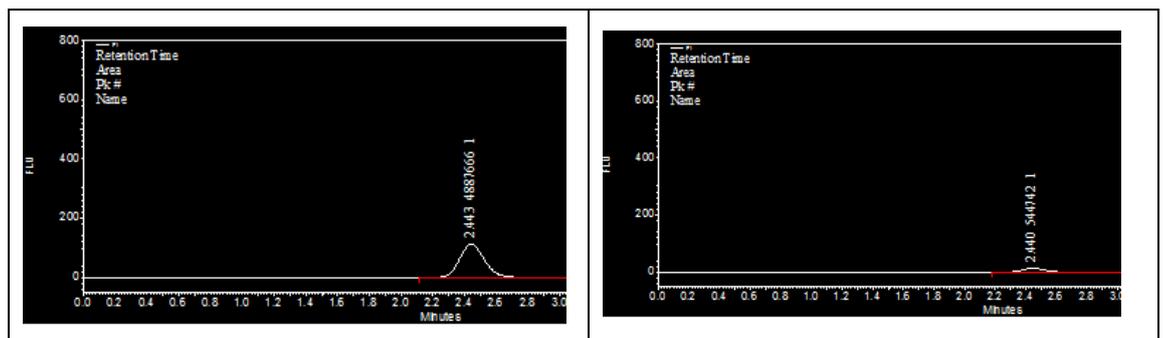


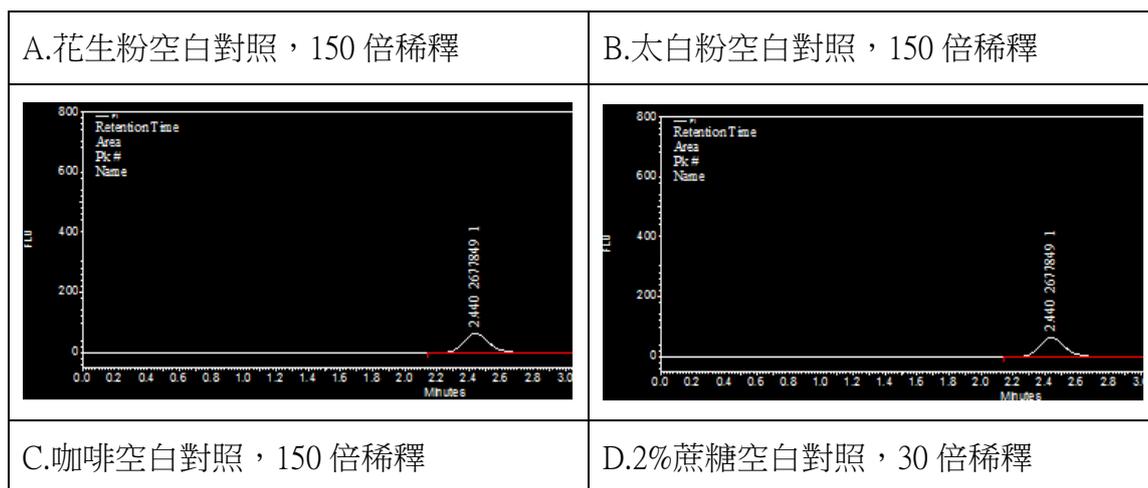
圖四、麴黴菌於培養基菌落顯微特徵與比較，(A) 2%花生粉；(B) 2%花生醬；(C) 2%太白粉；(D) 2%咖啡粉；(E) 2%蔗糖；(F) 5%蔗糖；(G) 10%蔗糖；(H) 20%蔗糖 (I) 30%蔗糖，50 x。

## (二) 黃麴毒素生成量推算

1. 實驗步驟：各組培養基接種麴黴菌培養 8 天後，以 95% 乙醇萃取黃麴毒素，並取花生粉、太白粉、咖啡與糖培養基為空白對照，各檢體與空白對照檢液以液相層析儀，不使用層析管柱，再以螢光偵測器分析，螢光強度經電腦軟體轉換成波峰面積，代表產生黃麴毒素產生比較值，各組波峰面積扣除相同空白基質產生的面積則為各組實際黃麴毒素產生比較值，以花生粉之實際黃麴毒素產生比較值為基準。

## 2. 結果





圖五、未接種麴黴菌之空白培養基萃取液螢光圖譜

表三、空白培養基單位重量螢光波峰面積

	培養基 重量(g)	檢液 體積 mL	上機稀 釋倍數	波峰面積	面積/公克
2%花生粉 空白	3.184	30	5	4887666	307014196
2%太白粉 空白	4.692	30	5	544742	23220034
2%咖啡 空白	4.731	30	5	2677849	113204354
2%糖 空白	4.766	30	1	3946079	33118582

(1)空白培養基可能也存在有可發螢光物質，空白培養基萃取液以螢光偵測器量測得波峰面積以花生粉培養基最強，太白粉最低，圖五。各組培養基萃取液以螢光偵測器量測得波峰面積如表三，單位重量螢光波峰面積計算如下：

$$(\text{面積/公克})_{\text{空白組}} = \frac{\text{波峰面積} \times \text{上機稀釋倍數} \times \text{檢液體積}}{\text{培養基重量}}$$

(2)相對比值表示單位培養基波峰面積與花生粉組之比值，代表產生螢光物

質量之相對大小，計算式如下

$$\text{相對比值} = \frac{(\text{面積/公克})_{\text{組別}} - (\text{面積/公克})_{\text{空白組}}}{((\text{面積/公克})_A - (\text{面積/公克})_{\text{花生粉空白}})}$$

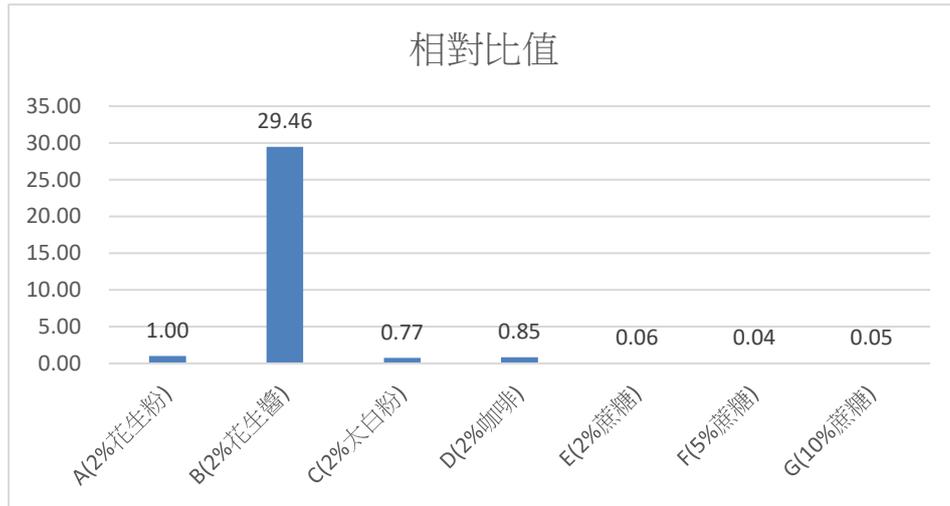
(3)每公克花生粉檢體測得波峰面積為 307014196，以花生粉檢體波峰面積為比較基準，花生醬之波峰面積比值為 29.46 最大，太白粉為 0.77，咖啡為 0.85，其他不同蔗糖組則比值均不到 0.1，表四與圖六。

(4)花生粉主要含有蛋白質與油脂，其螢光物質產生量較以澱粉為主之太白粉稍高，依實驗結果顯示蔗糖組僅能測得低量螢光物質，但含有蔗糖 12%之花生醬，生長速率近似花生粉，但測得螢光物質為花生粉之 29.4 倍，圖七，蔗糖對產生螢光物質之影響值得進一步探討。

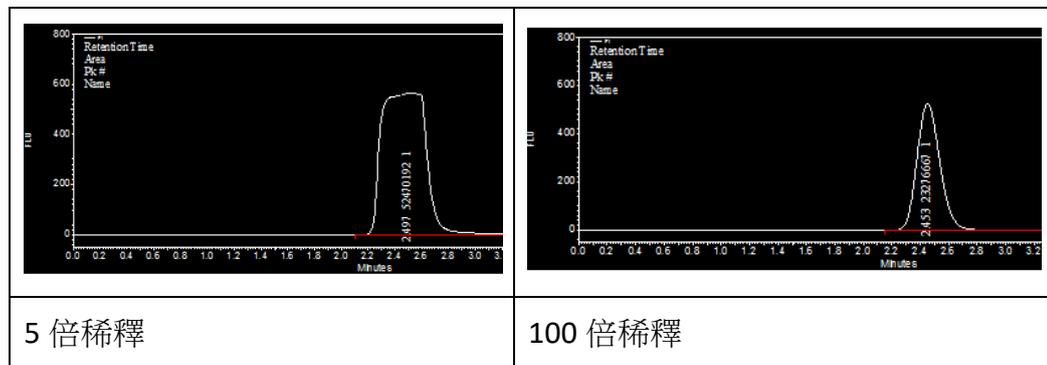
(5)於 2%、5%與 10%蔗糖產生螢光物質質量差異不大。

表四、培養基單位重量螢光波峰面積與花生粉組之比值

	培養基 重量(g)	檢液 體積	上機稀 釋倍數	波峰面積	面積/公克	扣除對照 空白面積	相對 比值
A(2%花生粉)	5.14	30	5	26587486	1034532529	727518333	1.00
B(2%花生醬)	4.283	30	100	23276667	21738657016	21431642820	29.46
C(2%太白粉)	5.102	30	5	14792354	579864916	556644882	0.77
D(2%咖啡)	4.318	30	5	15722968	728252339	615047985	0.85
E(2%蔗糖)	5.066	30	1	9808575	77446309	44327727	0.06
F(5%蔗糖)	4.988	30	1	7559684	60622967	27504386	0.04
G(10%蔗糖)	5.28	30	1	8831214	66903136	33784555	0.05



圖六、培養基單位重量螢光波峰面積與花生粉組之比較圖



圖七、麴黴菌於 2%花生醬培養基萃取液螢光圖譜

### (三)不同糖濃度對生長速率與產生螢光物質之影響

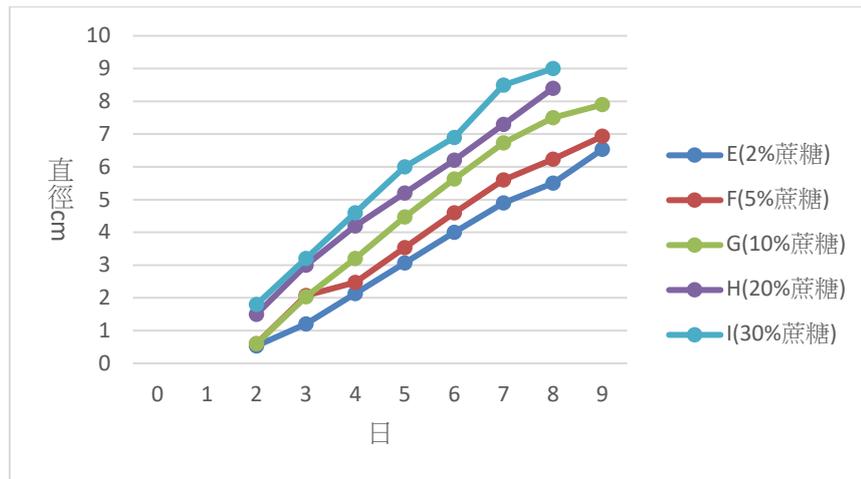
1.研究目的：由先前之實驗顯示 2%, 5%與 10%蔗糖為唯一營養源，麴黴菌之菌落直徑增加速率隨著蔗糖增加而增加，有必要了解更高蔗糖濃度對生長速率、型態與螢光物質產生之影響。

#### 2.實驗設計

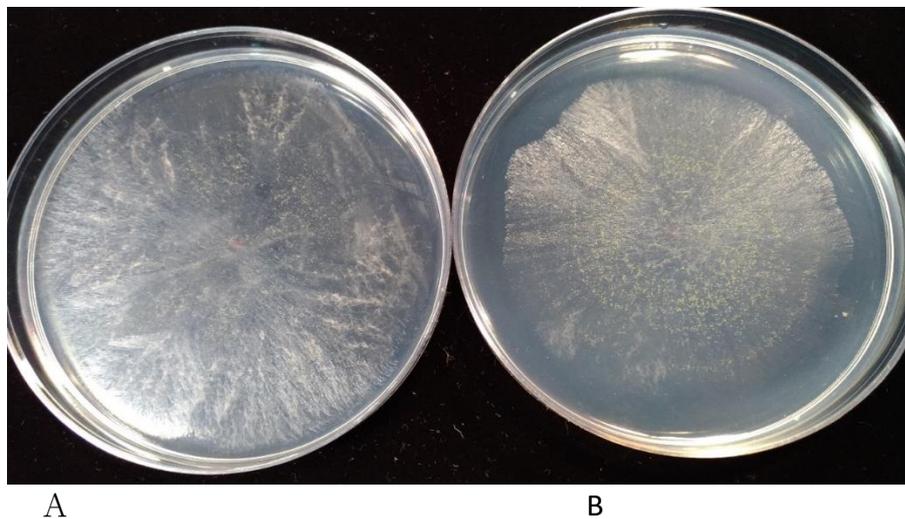
- (1)配製 20%與 30%蔗糖培養基為 H 與 I 組，
- (2)黴菌接種如前所述、黴菌觀察與螢光物質測量如前所述
- (3)H 與 I 組合併, F, G 組繪製生長曲線圖
- (4)H 與 I 組合併 E, F, G 組比較螢光物質產生能力

#### 3.研究結果

(1) 麴黴菌之菌落直徑增加速率隨著蔗糖增加而增加，50%蔗糖組最快，2%蔗糖組最慢，圖八。H 組於第 8 日呈較稀疏的黃綠色，菌絲生長較具規則具輪狀結構，中心部位孢子囊較稀疏，周圍菌絲生長亦較花生粉組稀疏；I 組於第 8 日呈較稀疏的黃綠色，菌絲生長雜亂不具輪狀結構，中心部位孢子囊較 H 組濃密，於孢子囊柄有明顯突出物，周圍菌絲生長亦較花生粉組稀疏且雜亂，圖九。

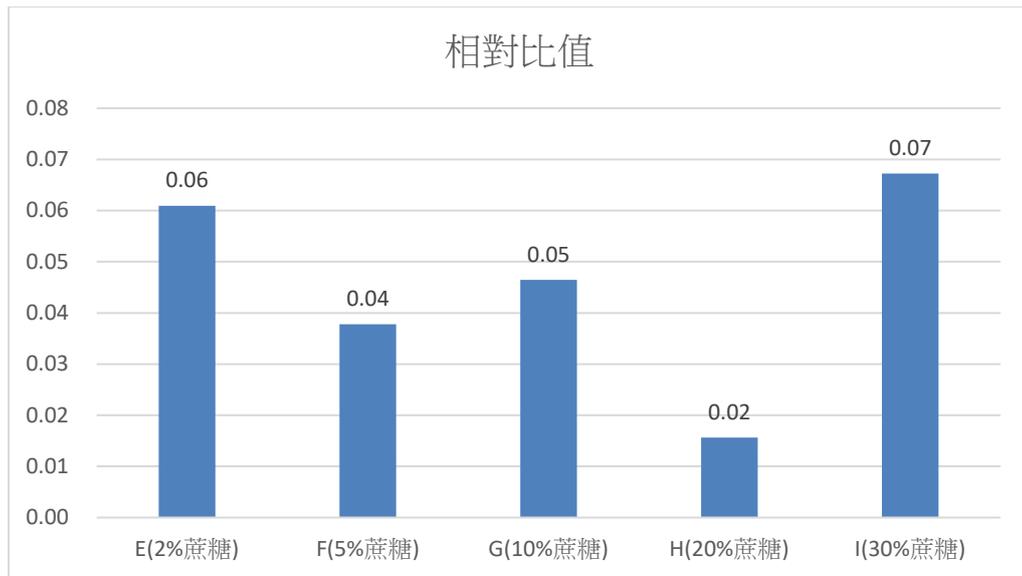


圖八、麴黴菌於不同糖濃度培養基菌落直徑變化



圖九、麴黴菌於糖培養基之菌落形態，(A)30%糖；(B) 20%糖

(3) 螢光物質產生比值以 H 組之 0.02 最低，I 組為 0.07，各組螢光物質產生量差異不大，圖十。



圖十、培養基單位重量螢光波峰面積與花生粉組之比較圖

### (三) 不同糖濃度的花生粉產生黃麴毒素能力

1.研究目的：為了解添加糖後花生粉產生螢光物質能力之影響

2.實驗過程：

(1)花生粉如實驗方法(七)所述

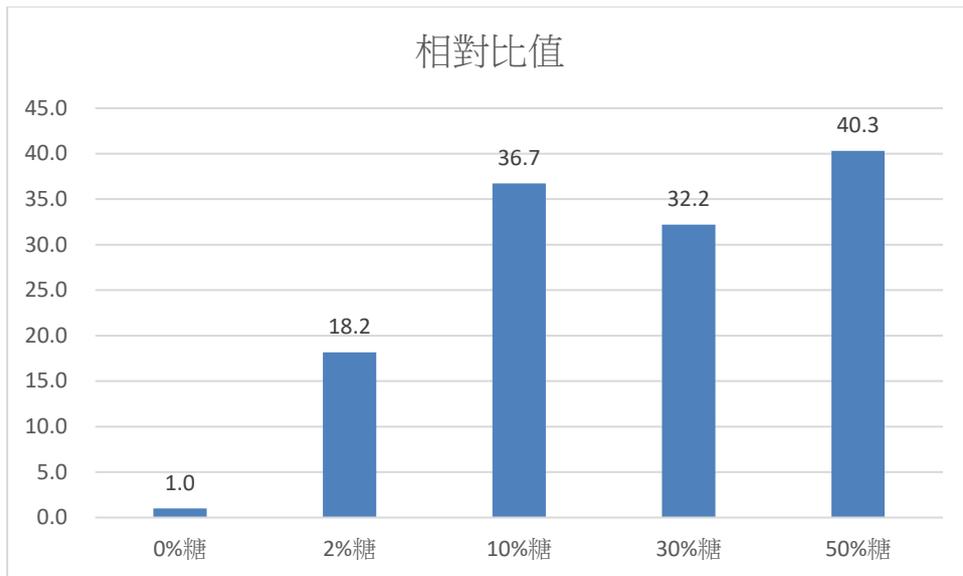
3.研究結果

(1) 相對比值，代表添加蔗糖後，產生螢光物質與純花生粉螢光物質產生量之相對比率，數值越大，代表螢光物質產生量越多，計算式如下：

$$\text{相對比值} = \frac{(\text{面積/公克})_{\text{組別}} - (\text{面積/公克})_{\text{花生粉空白組}}}{(\text{面積/公克})_{\text{花生粉空白組}}}$$

表六、麴黴菌於添加蔗糖花生粉螢光物值產生量

	檢液體積	上機稀釋倍數	面積	面積/公克	實際面積	相對比值
0%糖	40	250	2546857	25468570000	25468570000	1.0
2%糖	40	5000	2439358	487871600000	462403030000	18.2
10%糖	40	5000	4806571	961314200000	935845630000	36.7
30%糖	40	5000	4226565	845313000000	819844430000	32.2
50%糖	40	5000	5262150	1052430000000	1026961430000	40.3



圖十一、麴黴菌於添加蔗糖花生粉螢光物值產生量筆值

(2)扣除空白對照面積，以無糖花生粉組波峰面積為對照基準，添加 2%糖的花生粉波峰面積為對照組之 18.2 倍，添加 10%糖則增至 36.7 倍，添加 30%糖則為 32.2 倍，添加 50%糖則為 40.3 倍，圖十一。

#### 四、討論

- (一) 黃麴毒素主要由黃麴黴菌與寄生麴黴菌所生成，黃麴毒素又分成許多種，主要為黃麴毒素 B1, B2, G1 與 G2，而黃麴毒素生合成途徑尚有數種可能發出螢光的中間產物<sup>(1,9)</sup>，本研究使用由發出藍色螢光花生分離的黴菌<sup>(10)</sup>，事實上未能確認黴菌菌種(species)及黃麴毒素產生種類，由顯微形態呈現分生孢子梗與孢子囊可確認是屬於子囊菌綱 (*Ascomyota*) 中之麴菌屬(*Aspergillus*)黴菌，可能會產生 B 群黃麴毒素。
- (二) 本研究發現花生製品較澱粉、咖啡與蔗糖更適合麴黴菌生長及生成螢光物質，可以解釋為何我國官方<sup>(3)</sup>與曾信雄<sup>(4)</sup>之研究以花生污染黃麴毒素較其他食品嚴重。
- (三) 本研究發現螢光物質生成量與孢子囊密度有關，觀察培養第 8 天的培養

基，花生粉組較太白粉與咖啡組密集，蔗糖組稀疏許多，螢光物質生成量很低，但花生醬組顏色略比花生粉組深，螢光物質生成量為花生粉組之 29 倍，推測螢光物質生成與孢子囊密度有關，但還有另一機制對螢光物質生成影響更大。

(四) 麴黴菌在蔗糖培養基隨著蔗糖濃度增加，菌落直徑增加速率也增快，但其營養菌絲、氣生菌絲與孢子囊數目顯然比其他組稀疏許多，生長方向也較不規則，於 30%蔗糖組氣生菌絲上出現一些不明纏繞物。倘能扣除洋菜成分真正計算菌絲重量，更能比較與其他組生長速率之差異。

(五) 另外麴黴菌在蔗糖培養基測得之螢光強度不到花生粉的 10%，可是把蔗糖添加於花生粉，可大為增加麴黴菌螢光物質生成量，且與蔗糖添加量有關，因此蔗糖對麴黴菌螢光物質生成的影響值得進一步探討。

(六) 本研究因可使用之儀器簡陋，如顯微鏡已高齡 40，僅能放大 50 倍，且無照相功能，液相層析儀無層析管柱，只能說是螢光偵測器。倘有更好的儀器，可以觀察麴黴菌在不同培養基更細微形態，也才能確定黃麴毒素生成種類與其他螢光物質為何？

## 五、結論

(一) 麴黴菌在花生製品培養基上生長速率快，產生黃麴毒素濃度高，麴黴菌在花生醬(含 12.5%蔗糖)培養基中，會產生高濃度的黃麴毒素，是未含糖的花生粉培養基產生的 20 倍。

(二) 麴黴菌在烘焙過後的咖啡粉培養基中的生長速率中等，黃麴毒素產生濃度較花生粉略少，為其 85%。太白粉培養基中生長速率是最緩慢的，但濃度產生比 2%蔗糖培養基高出約 10 倍，約是花生粉培養基濃度的 67%。

(三) 麴黴菌在培養基中以蔗糖為唯一營養源時，蔗糖濃度越高生長速率越快，營養菌絲生長方向越雜亂，但螢光物質產生量差異不大。

(四) 蔗糖會促進麴黴菌在花生粉中螢光物質的產生。

(五) 未來可用層析管將檢液中螢光物質分離，再以黃麴毒素標準品定量，即能確定麴黴菌在各種食品中黃麴毒素產生的種類與濃度，也能確認蔗糖添加於花生粉後對麴黴菌生成黃麴毒素之影響

## 六、引註資料

1. 呂鋒洲。1982。黴菌毒素。正中書局 P 1-28。
2. 詹平喜。花蓮區農業推廣簡訊 5(4):12-13。
3. 陳銘在、許元馨、方雅玄。2015。104 年市售食品中真菌毒素監測。食品藥物研究年報 7: 67-75。
4. 曾信雄。黃麴毒素污染農產品之研究。全國中小學科展作品第 19 屆化學科。
5. 南京農業大學。2017。植物學-子囊菌綱特徵。  
<http://mooc1.chaoxing.com/nodedetailcontroller/visitnodedetail?courseId=80957751&knowledgeId=80957987>
6. 陳孟英。1993。新高效液相層析技科技。國立編譯館。
7. 螢光。2017。維基百科。  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8D%A7%E5%85%89>
8. 中國科普博覽。2017。微生物館。  
[http://159.226.2.2:82/gate/big5/www.kepu.net.cn/gb/lives/microbe/microbe\\_toxin/200310170029.html](http://159.226.2.2:82/gate/big5/www.kepu.net.cn/gb/lives/microbe/microbe_toxin/200310170029.html)
9. 邱健人。食品工業微生物學。復文書局。
10. 陳宣語、陳伯淵、張誠真、白美恩。2015。萬萬黴想到-黴菌的秘密。2015 年花蓮縣小論文競賽。
11. 李馥。超簡單黑心食品速驗法。大喜文化。
12. 食品藥物管理署。2017。食品中黴菌毒素檢驗方法－黃麴毒素之檢驗。  
<https://www.fda.gov.tw/TC/siteListContent.aspx?sid=103&id=14090>