

2024年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

技高組 成果報告表單

題目(作品)名稱：擁抱環保新生活，利用玉米莖打造廢棄物再利用的奇蹟

一、摘要

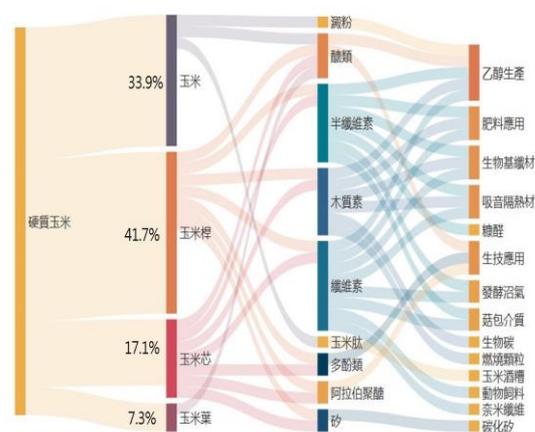
玉米是全球重要的糧食作物之一，含有豐富營養成分，為數億人提供了主要的食物來源，玉米採收後其廢棄物占比高達整株的6成，其中玉米莖桿占了4成左右，玉米莖桿有豐富的碳水化合物及纖維，本研究利用玉米莖桿壓榨出汁液中的天然糖與酵母菌種發酵成玉米莖桿酒，透過預實驗，將原始玉米莖桿汁糖度為10.4° Brix 經加熱濃縮至酵母菌適合生長之糖度24° Brix，製成率為54.63%，玉米莖桿汁糖度30° Brix 則會抑制酵母菌生長，後續實驗以玉米莖桿汁糖度24° Brix 進行發酵，第7天進行補糖，補足酵母菌生長營養來源，經過2個月測得酒精約4%，顯示玉米莖桿汁可做為釀造酒之原料。

將菇包介質與不同比例玉米莖桿粉末(20%、30%、40%、50%)混合，觀察秀珍菇出菇狀況，以菇包菌絲平均發育高度來看，在第28天時，添加玉米莖桿40%及50%的秀珍菇菌絲生長高度與對照組無明顯差異，以走菌率來看添加30~50%玉米莖桿的菇包在第28天時其走菌率也達70%以上，以 Lab 值來探討可知玉米莖桿40%及50%之菇包因菌絲生長密而使顏色呈黃白色，綜合以上實驗顯示玉米莖桿亦可成為秀珍菇的栽培介質。

因此玉米莖桿廢棄物是具有開發潛力的，將農產廢棄物轉化為寶貴的資源，為環境保護出一份力。

二、探究題目(創意作品)與動機

小時候看著長輩採收玉米，把剩下的玉米莖桿丟進土裡當肥料，想說玉米莖桿長得很像甘蔗，為什麼不能像甘蔗一樣啃來吃呢，上了高職後，無意中看見園藝科也有種植玉米，並且採收玉米後的廢棄物也是丟棄，無其他用途，地球資源有限，如何將廢棄物發揮最大效用為我們首要目標，經過查找文獻得知可食用玉米僅占33.9%，其餘66.1%皆為廢棄物(圖一)，於是我們與園藝科合作將玉米莖桿廢棄物加工再利用，也藉此跨領域學習，學習太空菇包的製作方式，將農產廢棄物發揮到最大效用，提升廢棄物循環經濟與再利用價值。



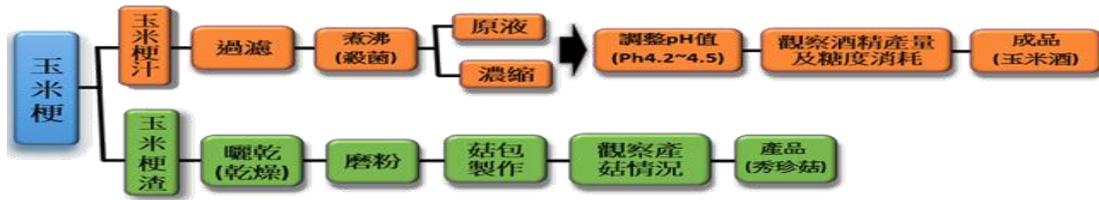
圖一、玉米各部分占比、成分及用途

三、探究(創作)目的與假設

- 1.研究玉米莖桿汁糖漿釀造酒產品開發的可行性
- 2.研究不同比例之玉米莖桿粉末應用於太空菇包的可行性
- 3.探討玉米莖桿廢棄物多元開發的潛力

四、探究方法(製作原理)與驗證步驟

(一)研究架構



圖二、實驗研究架構

(二)實驗器材

1.玉米桿汁釀造酒

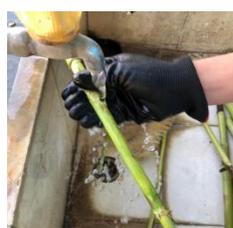
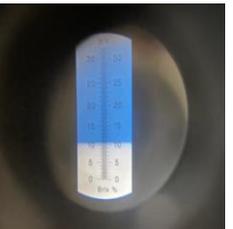
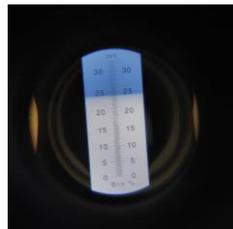
玉米莖桿、榨汁機、酵母菌、乳酸、殺菌用酒精、電子秤、濾布、鋼盆、滅菌三角瓶、發酵瓶、pH計、溫度計、糖度計、酒精度計、恆溫水浴槽

2.秀珍菇太空菇包

粉碎機、玉米莖桿粉末、菇包介質、培育秀珍菇菌塊、電子秤、塑膠盆、燒杯、湯匙、解剖刀、殺菌用酒精、高溫高壓滅菌釜、乾熱滅菌烘箱、無菌操作台、酒精燈、打火機

(三)實驗流程

1.玉米桿汁釀造酒

				
1.採收玉米莖桿	2.將玉米桿洗淨	3.用榨汁機榨汁	4.器具準備	5.過濾玉米桿汁
				
6.煮沸殺菌	7.原始糖度10.4° Brix	8.加熱濃縮	9.濃縮至糖度24° Brix	10.玉米莖桿汁液 原始 pH 值為5.69
				
11.使用乳酸調整 pH 值至4.2~4.5	12.降溫，加入酵母菌2%	13.裝入罐內發酵，28°C恆溫培養	14.觀察酒精含量	15.玉米莖桿酒成品

2. 太空菇包製作流程

			
1. 已榨汁後之玉米莖桿	2. 用粉碎機粉碎	3. 得到玉米莖桿粉末	4. 秤取菇包介質(已經出過一次出菇)
			
5. 混合不同比例(20%、30%、40%、50%)玉米莖桿粉末	6. 菇包介質與玉米莖桿粉末混合均勻	7. 燒杯及湯匙進行乾熱滅菌170°C · 1小時	8. 將菇包放入高溫高壓滅菌釜
			
9. 滅菌121°C · 60分鐘	10. 冷卻1天	11. 將菌塊撥散	12. 秤取固定量菌塊
			
13. 植菌至20%、30%、40%、50%玉米莖桿之太空包中	14. 將菌與菇包介質壓緊	15. 不同比例各做六重覆，放置室溫觀察走菌情況並記錄	16. 出菇 50-3採收的第一次 4月4日

(四) 實驗探討

1. 玉米莖桿汁糖漿濃縮處理及製成率

表一、玉米莖桿汁濃縮處理及製成率

玉米桿汁 原始糖度	濃縮前 重量	濃縮時間	濃縮後糖度	濃縮後 重量	製成率
10.4 ° Brix	1955g	直火加熱約一小時	24 ° Brix	1068g	54.63%

2. 觀察不同糖度玉米莖桿汁其酵母菌發酵之糖度變化

表二、不同糖度玉米莖桿汁其酵母菌發酵之糖度變化

以檸檬酸/乳酸調整 pH 值至4.2~4.5					
發酵天數	第1天	第4天	第7天	第11天	第30天
糖度變化 °Brix	12	4.6/6.0	5.0/6.0	5.0/6.0	5.0/6.0
	14	5.8/5.6	6.0/5.0	6.0/5.0	6.0/5.0
	16	6.6/6.8	6.6/6.8	6.0/7.0	6.0/7.0
	18	7.6/7.8	7.6/7.4	7.0/7.0	7.0/7.0
	20	8.6/8.0	8.6/8.4	8.0/8.0	8.0/8.0
	22	10.8/10.6	10.2/10.2	9.2/9.0	9.0/9.0
	24	11.6/10.2	11.0/10.2	10.2/10.2	10.0/10.0
	28	13.6/13.6	13.0/13.0	12.6/13.0	12.0/13.0
	30	22.0/22.0	21.4/21.0	20.0/20.0	19.0/20.0

因酵母菌適合生長條件為 pH4.2~4.5，因此實驗設計以檸檬酸及乳酸將不同糖度玉米莖汁調整至適合 pH 值進行發酵試驗，由表可得知使用不同酸對酵母菌生長並無太大差異，但考量產品風味，選擇較溫和之乳酸調整 pH 值進行後續實驗。

觀察玉米莖桿汁12、14、16、18、20、22、24、28、30°Brix 發酵1個月之糖度消耗變化，由表得知玉米莖桿汁12~28°Brix 發酵至第4天時其剩餘糖量皆減半，此時期發酵快速，液面有小氣泡不斷產生，第4天到第30天，其剩餘糖量皆無太大變化，推測玉米莖汁營養成分已不足酵母菌作用，因此後續實驗於第7天進行補糖再繼續發酵釀酒。

將玉米莖桿汁濃縮至30°Brix 做釀造酒發酵，可發現發酵至4天，剩餘糖量還很高，由此可知玉米莖汁30°Brix 其滲透壓太高，會抑制酵母菌生長，不利於釀酒。

3.釀造玉米莖桿汁發酵酒

表三、釀造玉米莖桿汁發酵酒觀察紀錄表

發酵天數	糖度(°Brix)	pH 值	酒精度
第1天	24	4.44	0
第4天	12	4.32	0
	補糖至24	4.32	0
第7天	13	4.31	0
第30天	12	4.30	3
第60天	12	4.30	4

將玉米莖桿汁濃縮至24°Brix 接種酵母菌進行發酵，發酵第4天進行補糖後移瓶厭氧靜置發酵2個月，測得酒精度為4%，顯示玉米莖桿可作為釀造酒之開發原物料。

4.不同莖桿比例對秀珍菇菌絲生長高度之影響

表四、不同莖桿比例對秀珍菇菌絲生長高度之影響

生長天數 實驗組	菇包菌絲平均發育高度(公分)							
	4天	7天	10天	14天	17天	21天	24天	28天
對照組	3.8	5.4	8.2	9.8	9.7	9.7	9.8	9.8
玉米莖桿20%	3.4	3.7	3.8	4.4	4.7	4.6	4.9	4.4

玉米莖桿30%	3.2	4.3	4.3	4.8	6.5	7.1	8.1	8.8
玉米莖桿40%	3.7	4.4	5.7	7.3	8.3	8.7	8.9	9.5
玉米莖桿50%	3.1	3.7	4.6	5.4	7.2	8.1	8.5	9.1

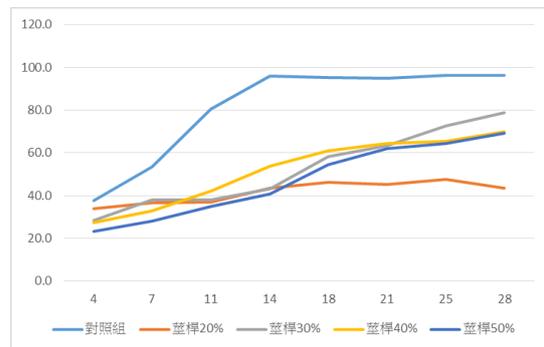
添加玉米莖桿於秀珍菇包中，其菌絲生長良好(表四)，在植菌後第四天可明顯看出菌絲生長，在實驗組中以添加玉米莖桿40%及50%的菌絲生長最好，在第14天時其高度有7.3及8.3公分，而20%及30%為4.4~4.8公分，對照組達9.8公分，顯示添加玉米莖桿不影響秀珍菇菌絲的生長，在28天時，添加玉米莖桿40%及50%的秀珍菇菌絲生長高度亦達9.1及9.5公分，與對照組無明顯差異。

5.不同莖桿比例對秀珍菇菌絲走菌率之影響

表五、不同莖桿比例對秀珍菇菌絲走菌率之影響

生長天數 實驗組	菇包菌絲走菌率(%)							
	4天	7天	10天	14天	17天	21天	24天	28天
對照組	37.6	53.4	80.5	95.8	95.1	94.8	96.3	96.3
玉米莖桿20%	33.7	36.7	37.0	43.6	46.2	45.3	47.7	43.5
玉米莖桿30%	28.3	38.0	38.1	43.1	58.3	63.2	72.6	78.7
玉米莖桿40%	27.2	32.7	42.2	53.8	61.0	64.4	65.6	70.0
玉米莖桿50%	23.2	28.1	34.8	40.9	54.6	62.0	64.5	69.2

玉米莖桿粉碎後添加於秀珍菇栽培介質中，會使介質因孔隙增加而體積增加，由表五及圖三可知，添加玉米莖秀珍菇包在第四天就可看見菌絲發育，雖然對照組的走菌速度較快，在第14天達走菌率達95%以上，添加玉米莖桿後期秀珍菇菌絲的發育較慢，添加30~50%玉米莖桿的菇包在28天時其走菌率也達70%以上，顯示玉米莖桿亦可成為秀珍菇的栽培介質。



圖三、不同莖桿比例菇包菌絲走菌率(%)

6.不同莖桿比例對秀珍菇生長菌絲生長密度之影響

L 值表示顏色亮度(L 值越大越亮)、a 表示綠紅值、b 表示藍黃值，秀珍菇栽培介質主要是木屑，其顏色呈紅棕色，秀珍菇菌絲成白色，生長密度高時會使介質成白色，利用色差儀的 L、a、b 值來呈現菌絲的生長密度，在植菌28天時(表六)，對照組及添加玉米莖桿20%、30%的 L 值為66-68，而40%及50%的 L 值為80以上，顯示秀珍菇菌絲的發育較良好，密度較高。a 值越大顯示顏色越呈褐色(越深)，b 值越大顏色越呈黃色，對照組與20%及30%的 a 值為2.8~3.8，大於40-50%其 a 值在0.9-1.5，顯示對照組菇包顏色較40-50%深，40-50%的 b 值高於18.5，明顯高於其他三組(10.5~12.8)由此可知玉米莖桿40-50%之菇包因菌絲生長密而使顏色呈黃白色。

表六、不同莖桿比例對秀珍菇生長菌絲生長密度之影響

調查項目 實驗組	色差		
	L	a	b
對照組	66.7	2.5	10.5
玉米莖桿20%	66.9	3.5	12.8
玉米莖桿30%	68.2	2.8	11.7
玉米莖桿40%	82.6	0.9	18.5
玉米莖桿50%	81.3	1.5	18.9

7.不同莖桿比例對在菇舍栽培4天之秀珍菇生長影響

操作方法：菇包走菌後置於冰箱冷藏24小時(低溫刺激出菇)，再放入菇舍栽培。

實驗結果：玉米莖桿50%秀珍菇成熟-菌傘展開，40%長出秀珍菇但未成熟，30~20%有長出小菇體，對照組未出菇，實驗結果顯示添加玉米莖桿40%及50%，可讓秀珍菇子實體生長良好。

表七、不同莖桿比例對菇舍栽培4天之秀珍菇生長影響

對照組	玉米莖桿20%	玉米莖桿30%	玉米莖桿40%	玉米莖桿50%
				
未出菇	出現小菇體	出現小菇體	成熟秀珍菇-菌傘展開	成熟秀珍菇-菌傘展開

五、結論與生活應用

- 1.將玉米莖桿汁濃縮至24°Brix 進行發酵，經過2個月釀造可得酒精約4%，顯示玉米莖桿汁可做為釀造酒之原料。
- 2.綜合秀珍菇菌絲的發育及色差結果，秀珍菇在傳統的菇包介質(對照組)中其菌絲的走菌速度快，但菌絲的發育較稀疏、密度低，而添加40%及50%玉米莖桿的秀珍菇菇包，雖然菌絲向下發育的速度慢，但菌絲發育較密實，發育良好且出菇產量高於對照組，因此，玉米莖桿可成為秀珍菇的栽培介質。
- 3.未來展望能利用玉米莖桿天然糖進行多元產品開發，例如：玉米醋、玉米莖桿糖漿製品、機能性飲品.....等，期能將農產廢棄物物盡其用，提升再利用價值，資源不浪費，永續循環再生，為地球貢獻一份心力。

參考資料

- 1.農業剩餘資源資訊平台。玉米莖桿。
<https://agricycle.tier.org.tw/Encyclopedia/More/f44ee7284cd84dabada9968932641ac0>
- 2.林世斌、陳輝煌、陳莉臻。本土水果酒釀造實務。
<https://acac.niu.edu.tw/var/file/43/1043/img/772/154975274.pdf>
- 3.微生物知識平台。酒類菌種知識百科。<https://ssur.cc/3oMdTtq>
- 4.鄭清和(2021)。食品檢驗分析實習(下)。復文圖書有限公司