

具 STEAM 精神之「蔬果的繽紛：植化素」 探究實作課程

陳怡妉^{1*} 陳姿君² 許銘傑² 洪振方²

¹國立高雄師範大學 物理系

²國立高雄師範大學 科學教育與環境教育研究所

摘要

搭配 STEAM 教育方針，設計一推廣蔬果「植化素」及健康觀念導入學生生活中之科普教育課程。本課程從日常食用的蔬果及菌菇類著手，介紹生物科技及醫學研究熱門議題「蔬果植化素」。然而在科普教育課程中發現，學生對於植化素相當陌生，在中學授課內容裡也沒有。植化素是蔬果中的精華，日常飲食中有其重要及必要性。希望透過設計一跨領域的探究實作課程，讓更多學生能及早認識植化素是蔬果五彩繽紛的顏色及其氣味的來源，並引起學生的重視及興趣，除提升其對蔬果攝取的意願，對健康有所幫助外，課程中同時加強對食安與環保意識及農業永續的宣導。在課程中設計利用紫外線來曬香菇及康普菌之果皮發酵的實作，透過有趣的實作，無形中讓學生攝取到更多的蔬果。課中帶進糧食危機及環境永續議題，讓學生產生共鳴外，啟發學生創意的解決方案。亦給予學生面對未來升學，對不同跨領域的科目，能有更多的接觸與認識的機會。

關鍵詞：植化素、STEAM、跨領域、食安、環境永續

壹、前言

STEM 教育源自美國，著重於整合科學 (Science)、科技 (Technology)、工程 (Engineering) 及數學 (Math)，後續也包含藝術 (Art)、語言、人文、設計、音樂、創意等，故亦被稱為 STEAM 教育，是一跨領域、科目整合及結合理論和實踐，從原先之教授模式，進而引導學生思考、主動學習、喜歡學習的教學方法。讓學生可以有綜合性的知識與技能來解決未來進入社會後可能會碰到的各種問題的新的教育模式。(Kelley & Knowles, 2016; 亞太 STEM 教育協會; 蔡進雄, 2019)。

*為本文通訊作者

搭配 STEM 教育方針，設計一將「植化素」導入學生生活之科普教育，推廣蔬果植化素的應用與認知。以日常生活中常吃到的蔬果及菌菇作教材，用來介紹當紅的生物科技及醫學研究議題「植化素」。由於學生對於蔬果的認知差距甚大，有些可能對蔥、薑、蒜都分不清楚。在科學教育課程中發現，學生對於植化素相當陌生，授課內容裡面也沒有，老師也沒有教過。植化素是蔬果菌菇中的精華，每天生活吃喝都會接觸到。透過 STEAM 跨領域整合的教學方式，設計一結合生物醫學、物理、環境教育、數學、藝術的課程，讓學生輕鬆地認識蔬果的五顏六色及氣味就是植化素。

從生物及醫學角度上，增加對蔬果的認識與攝取方法，除了對個人飲食與健康有所幫助。運用物理及數學及生物科技運用上，來學習植化素如何有效的轉化及攝取，每天要吃多少量才足夠。學會陽光、日曬及生物轉融發酵的運用。最後從蔬果植化素精華在其顏色氣味之果皮處，導入農藥與食安及對環境永續的宣導。在課程中介紹果皮利用的實作方法，如發酵與菌種的運用，最後提倡曬香菇讓陽光對其植化素轉化成維生素 D₂，帶回家中曬香菇，全家一起食用曬過太陽的香菇，進而達到改善維生素 D 缺乏的公共衛生問題。課堂中，跨領域的學習，讓學生學習到更多不同科目的科學常識。

貳、植化素介紹

一、植化素介紹

植化素的英文為 phytochemical：取自希臘文中植物的「phyto」及代表化學物質的「chemical」。是指天然的化合物。植化素主要來自於蔬菜水果及穀物的顏色、氣味。植化素的精華大多集中在蔬果的皮跟籽，植物營養素不只是在果肉果汁中，更多在被丟掉的或磨去的殼、皮、渣及籽等。(Liu, 2012) 植化素五顏六色的，有著綠色、紅色、黃色、白色、紫黑等各種顏色，而不同顏色的蔬果代表著不同的植化素組合。植化素目前就已知就有超過 5000 多種，但仍有大多數的植化素都還沒被分析出來。植化素的分類尚未統一，依照其化合物類別，可歸成七大類：(多)酚類；類胡蘿蔔素；有機硫化物；植物固醇；萜(烯)類；含氮之生物鹼化合物；其他類等 (如表 1 植化素分類表)。(Liu, 2013; Iwashina, 2015; Johar et al., 2018; Tanaka, Sasaki, & Ohmiya, 2008; Waladkhani & Clemens, 1998)。

表 1:植化素分類表

植化素 phytochemicals	(多)酚類	類黃酮素、酚酸類、香豆素、單寧、芪(二苯乙烯)、植物性雌激素
	類胡蘿蔔素	β -胡蘿蔔素、隱黃素、玉米黃素、蝦紅素、葉黃素、茄紅素、辣椒紅素
	有機硫化物	蒜素、蘿蔔硫素、異硫氰酸鹽
	植物固醇	植固醇、麥角固醇、菜油固醇、豆固醇、 β -穀固醇
	萜(烯)類	單萜烯(檸檬烯)、三萜類(諾米林、檸檬苦素、熊果酸、皂素)
	含氮之生物鹼	咖啡因、吲哚
	其他類	葉綠素

(一) (多)酚類 (polyphenols)

植化素中最大的家族是多酚類，見表 2 多酚家族一覽表。其中異黃酮類屬於植物性雌激素的一大類，另外一大類為木酚素。(Lampe, 2003) 花青素是水溶性植物色素和許多植物組織的藍、紫和紅色有關。(Liu, 2012; Martinez, Mackert, & McIntosh, 2017; Pereira, Valentão, Pereira, & Andrade, 2009; Soleymani, Farzaei, Zargaran, Niknam, & Rahimi, 2020; Sun, Tao, & Zhang, 2019; Waladkhani & Clemens, 1998) 花青素的特色在鹼性環境中會呈現藍色，在酸性環境中會呈現粉紅色，這特性常被用來做為認識植物色素的實作教學課程。(Vo, Dang, & Chen, 2019)。

表 2:(多)酚家族一覽表

(多)酚類	類黃酮素 (flavonoids)	槲皮素(quercetin)、山柰酚(kaempferol)、兒茶素(catechin)、柚皮苷(naringenin)、檸檬黃素(hesperetin)、花青素(anthocyanidins)
	植物性雌激素 (phytoestrogen)	木酚素 (lignans)、異黃酮類(isoflavonoids)
	酚酸類(phenolic acid)	綠原酸(chlorogenic acid)、熊果素(arbutin)、沒食子酸(gallic acid)、阿魏酸(ferulic acids)、薑黃素(cucurmin)
	芪、二苯乙烯 (stilbenens)	白藜蘆醇 (resveratrol)
	香豆素 (coumarins)	呋喃香豆素 (furanocoumarins)
	單寧(tannins)	水解型單寧 (hydro-lysable tannin)、縮合型單寧 (condensed tannin)

(二) 類胡蘿蔔素(carotenoids)

植化素另一大家族是類胡蘿蔔素，因為能護眼及抗發炎，被許多人所熟悉（見表 3 類胡蘿蔔素家族表）。類胡蘿蔔素在蔬果及全穀物中呈現紅色、橙色及黃色。(陳怡妘，2020)

表 3:類胡蘿蔔素家族表

類胡蘿蔔素	β -胡蘿蔔素 (β -Carotene)	呈現的顏色: 黃色、橙色、紅色
	葉黃素 (lutein)	
	茄紅素 (lycopene)	
	隱黃素 (cryptoxanthin)	
	玉米黃素 (zeaxanthin)	
	蝦紅素 (astaxanthin)	
	辣椒紅素(capsanthin)	

(三) 有機硫化物

有蒜素(allicin)、和蘿蔔硫素(isothiocyanate)異硫氰酸鹽(isothiocyante)等，這類有機硫化物通常都有較強烈的味道及抗自由基的生理功效。

(四) 植物固醇

植物固醇亦稱為植物甾醇(Phytosterol)，來自植物，有麥角固醇(Ergosterol)，菜油固醇(Campesterol)，豆固醇(Sitosterol)， β -穀固醇(β -Sitosterol)等。麥角固醇是一種存在於真菌細胞膜的固醇。由於植物固醇其結構類似膽固醇，固有減少或阻斷人體腸道中膽固醇的吸收，降低人體中膽固醇的生理功效。菌菇類裡面有著獨有的植化素麥角固醇，在用來做為實作課程的要素之一。植化素讓蔬果對人體具有藥用生理功效。

(五) 萜(烯)類

萜(烯)類分別有單萜烯(檸檬烯 limonene)、三萜類(諾米林 nomilin、檸檬苦素 limonin、熊果酸 ursolic acid、皂素 saponins)。是造就植物獨特氣味的主要來源。譬如檸檬的柑橘味、或是一些精油芳香味道來源。未來也可以做為實作課程的設計體驗項目。

(六) 含氮之生物鹼(alkaloid)，有咖啡因(caffeine)及吲哚(Indole)等，具有特殊的苦味，許多中草藥皆含有生物鹼，如烏頭鹼、嗎啡等。

(七) 其他:一個重要的植物次級代謝物葉綠素(Chlorophyll)是光合色素，是植物呈現綠色的來源。

二、五色蔬果含有的植化素及生理功效

教學中介紹日常可以食用到的各種顏色的蔬果，如檸檬、蘋果、香蕉、梨子、葡萄、茶、海藻、菌菇、洋蔥、蒜等。各種顏色如綠、紅、黃、白、紫黑色等的蔬果，在不同顏色蔬果中含有各種植化素(如圖 1)，及其生理功效做一介紹如下:(陳怡妣，2020)。

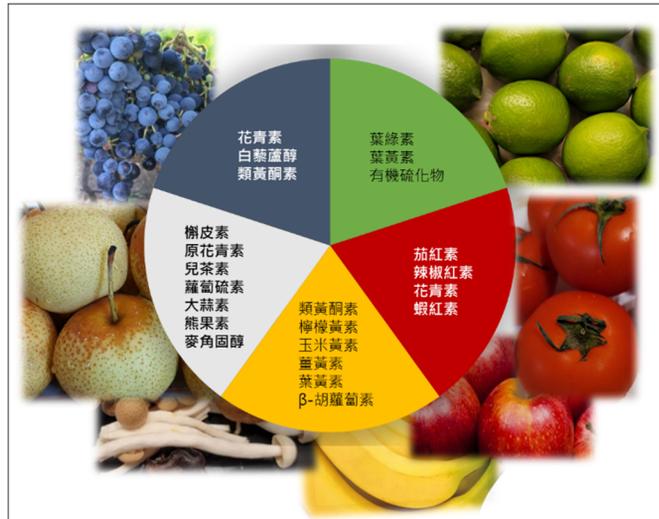


圖 1: 蔬果繽紛：植化素 (陳怡妣，2020)

- (一) 綠色蔬果 (檸檬、菠菜、青椒、綠藻、花椰菜等): 蔬果裡的植化素含有豐富的葉綠素、葉黃素、有機硫化物等，主要生理功效是排毒、抗氧化及促進肝臟健康，護眼等。
- (二) 紅色蔬果 (蘋果、番茄、甜菜、甜椒、紅龍果、辣椒、紅藻等): 蔬果裡的植化素含有豐富的如花青素、槲皮素、蝦紅素、類胡蘿蔔素等，主要生理功效有: 防治心臟及心血管疾病、降低血栓性中風、預防癌症等。
- (三) 黃色蔬果 (香蕉、玉米、地瓜、南瓜、薑黃等): 蔬果裡的植化素含有豐富的如類胡蘿蔔素、葉黃素、玉米黃素、薑黃素等，主要生理功效有: 可緩解眼睛疲勞，避免眼睛過早衰老，及維持身體健康、延緩老化。
- (四) 白色蔬果 (梨子、大蒜、蘑菇、洋蔥、白蘿蔔等): 蔬果裡的植化素含有如熊果素、大蒜素、兒茶素、蘿蔔硫素、植物固醇等，主要生理功效有: 抗氧化和抗發炎的活性，降低膽固醇、止咳祛痰、美白等。
- (五) 紫黑色蔬果 (葡萄、藍莓、桑葚、茄子、黑木耳等): 蔬果裡的植化素含有豐富的如花青素、前花青素、白藜蘆醇等，主要生理功效有: 抗菌、預防泌尿道疾病、增強記憶、對腦有保護作用、延長壽命等。

蔬果繽紛的顏色是來自於植化素，而植化素對人身體健康有相當多的幫助，透過課程的教學與實作，讓學生更進一步知道這些蔬果顏色的好處，希望能增加學生攝取蔬果的意願。

參、植化素 STEAM 教學與及實作

因應科普課程推廣的時間不等，課程的設計分為上下各兩個小時，共 4 小時的長度。設計由淺入深的帶入，讓學生認識生活中的蔬果五顏六色的植化素，並由各種蔬果圖片來告訴學生，蔬果的顏色有什麼神奇功效。課程一適用於 2 小時短課程的設計，偏重在傳授、問答及紫外線觀察，及能回家動手做的課程安排，如曬香菇活動。課程一加二共 4 小時的課程，再加入康普茶製作的影片觀看及發酵的實作等。在評量環節設計有獎搶答環節，則加入了讓學生劑量概念的環節，主要提醒學生，劑量與生物科技等在生理功效的重要性。

一、教學活動設計

- 1) 教學主題：蔬果的繽紛：植化素
- 2) 生活教學：常吃的蔬果，譬如綠色的檸檬與黃色的檸檬差別在哪裡？
- 3) 科學教育：如何點石成金？人丟我撿垃圾是黃金、木質素可以變木炭
- 4) 環境教育：無毒有機耕種對植化素的重要性、及環保永續及糧食危機的貢獻
- 5) 實作活動：依照課程可以導入不同的植化素實作課程：
 - (上) 課程一認識紫外線與曬香菇 及 (下) 果皮再利用之康普茶製作課程。
- 6) 問答環節：提供獎勵鼓勵認真學習的學生

二、課程設計關係架構

將課程內容與 STEAM 關係架構整理，更能理解跨領域的學習（如圖 2.推廣 STEAM 植化素課程）。

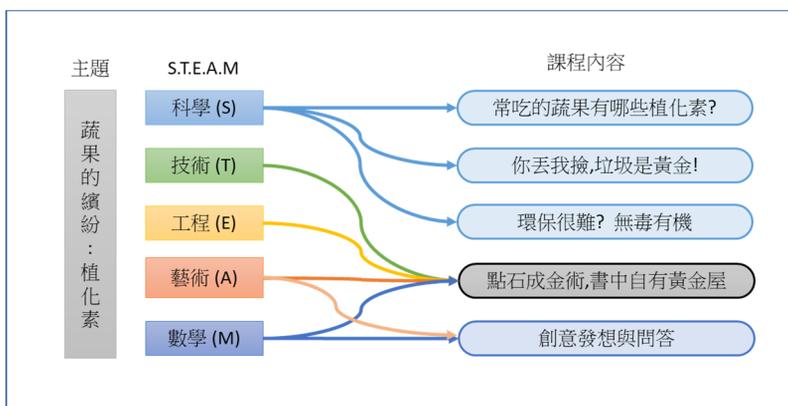


圖 2: 推廣 STEAM 植化素課程

三、認識植化素課程

課程名稱	蔬果的繽紛: 植化素
領域	STEAM 教學
授課對象	科普教育推廣 (國中、高中及一般社會大眾)
課程時間	4 小時 (上、下各 2 小時)
教學目標	透過從日常飲食中常接觸的蔬果、菇、豆、全穀物等其顏色、氣味認識植化素，於學習中導入植化素的好處，鼓勵多吃蔬果。透過實作與小組討論、問答等，並帶入 SDGs 循環廢棄物再利用等各種面向來引導學生產生新創意。
實作材料	(上) 紫外線卡、鮮香菇(示範用)、紫外線珠 (有獎徵答用) (下) 紅茶菌啟動液 500cc、酒精、含糖紅茶液 5 公升、寬口玻璃瓶、量杯、棉布、手套等
評量方式	搶答與獎勵、實作評量、報告評量
教學流程 (上) 共 100 分鐘	<p style="text-align: right;">課程(上)</p> <p style="text-align: right;">講述基本原理(約 50 分鐘)</p> <p>認識植化素: 從簡單的原理講述起，常常聽到的如: 葉黃素、茄紅素、花青素、白藜蘆醇、紅酒多酚、綠茶的兒茶素等，讓學生對植化素先有熟悉感，避免因陌生而無法提起興趣，並簡單講述各種蔬果的生理功效性:</p> <p>(一) 植化素是什麼? 常聽到的一些名詞舉例說明，希望引起共鳴。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 茶葉裡面的兒茶素，喝茶能減肥(油切綠茶)? 最近很紅的，能對抗病毒的單寧酸、葉綠素、茄紅素、抗老化的紅酒多酚等。 2. 介紹保護眼睛的類蘿蔔素、葉黃素、蝦紅素、花青素等。 <p>(二) 植化素名詞解說</p> <p>簡報及圖片教學: 日常吃的蔬果、菌菇及豆類裡面有什麼植化素?</p> <p>課程內容: 從五種不同顏色的植化素介紹起，並帶入不同顏色中的蔬果，如檸檬、蘋果、香蕉、梨子、葡萄(紅酒)、菠菜、香菇、大蒜、黃豆、藻類等含有的植化素跟基本的生理功效。</p> <p>增加互動式教學: 在介紹綠色蔬果時，可以問問學生台灣很常見的水</p>

果綠色的檸檬，跟在超市裡賣的黃色檸檬主要的差別在哪裡？用來介紹綠色果皮中含有葉綠素的植化素，主要在水果尚未成熟時，需要行光合作用，故為綠色，但成熟了，就會轉成黃色檸檬的小例子。

另外：為了讓學生明白，綠檸檬可以變成黃檸檬，舉例一在雲南有些果農，因為黃檸檬市場價格較好，為了賣個好價錢，幫綠檸檬套袋，隔絕日光，讓綠檸檬變黃檸檬（如圖 3）。

這樣的例子還有哪些呢？譬如還未成熟的香蕉也是綠色的，熟香蕉是黃色的。

讓學生思考：我們常吃的青椒是否是未完全成熟呢？青椒成熟後會變成紅椒或是黃椒嗎？

影片觀看：青椒長大變甜椒

<https://www.youtube.com/watch?v=i9F3QfXW3B4>



圖 3：檸檬套袋（陳怡妣，2020）

介紹紅色蔬果時，蘋果是水果之王，主要是其果皮富含許多植化素，譬如槲皮素、花青素等。然而將皮削去後的蘋果，其營養價值只剩不到一半，所以吃蘋果，最好連皮一起吃，才能攝取完整的植化素。

增加互動式教學：吃蘋果會連皮一起吃的舉手？在上課時常問學生，吃蘋果會吃皮嗎？通常都會得到，吃蘋果不會吃皮，主要是覺得有農藥、或是有一層蠟，或是媽媽會削皮等。

介紹黃色水果時，會用香蕉來作介紹。主要香蕉的果皮是黃色的，而植化素通常存在於果皮、跟籽的原因。香蕉是世界排名第一的水果，更是第四大糧食，僅次於小麥、大米及玉米之後。香蕉的果皮可以吃嗎？古時候飢荒時曾在路邊烤香蕉皮的流傳，印度及菲律賓都有吃香蕉皮的一些食用方式。而民間也有一俗語說：失戀要吃香蕉皮等，主要是香蕉皮作成的香蕉皮粉營養更豐富，甚至富含令人快樂的色胺酸等。(娛樂追蹤, 2022)

觀看影片：台灣南投集集賣炸香蕉皮

<https://www.youtube.com/watch?v=OB07BtCw4UE>

介紹白色水果時，會用梨子跟洋蔥來作介紹。梨子的果皮呈現米白色，有類黃酮素、槲皮素等，而洋蔥富含槲皮素及含硫化物等。對於增加免疫力有相當的幫助，咳嗽者可以試試服用整顆梨子燉湯或是洋蔥湯等。

介紹紫黑色水果時，葡萄、茄子是課堂上用來介紹的蔬果。吃葡萄不吐葡萄皮，有其道理，因為葡萄的皮富含植化素，包括能讓眼睛明亮的花青素、跟讓人年輕的白藜蘆醇等。在此會加入李時珍上山採藥，採到藍莓後讓自己眼睛變好的小故事，用來介紹花青素的好處。

同時也會問問學生，紅葡萄酒與白葡萄酒，哪一種營養價值高一些呢？

你丟我撿：垃圾是黃金? (約 10 分鐘)

創新與發想：新糧食?!

香蕉皮怎麼吃？如果有農藥，果皮吃了更危險。利用機會提倡有機無毒環保的概念。香蕉皮如果在有機的種植之下，若能將香蕉皮再次利用，製成香蕉皮粉，或是美味的果乾等，是否可以增加許多糧食的供應呢？

這個新糧食的提議，可以讓學生腦力激盪一下，其他果皮的再利用與發想。1) 火龍果皮能吃嗎？ 2) 芒果皮能再利用嗎？ 3) 檸檬皮怎麼應用？

觀看影片：有機檸檬園欣賞

<https://www.youtube.com/watch?v=coZlEpgvDek>

探究與實作：點石成金(25 分鐘)

古代的煉金術，是否就是道家的煉金丹，無任何確切記載，但現代的點石成金之術，可以自學習中取得，如果能利用所學的知識善加利用，把原本沒有的東西變出來，這不也是一「點石成金」嗎？以書中自有黃金屋來勉勵學生，善用知識，利用科學也能變出新「黃金」！

實作課：讓植化素變成維生素 D 之 DIY 教學

台灣有 7 成的人維生素 D 不足，雖然有建議說吃香菇可以提升體內維生素 D 的水平，但由於香菇生長於陰暗處，一般菌菇類不含維生素 D，所以單吃香菇是沒有用的喔。

植化素中提及菇菌類中的細胞膜有一特殊的植化素：麥角固醇。太陽紫外線光(UVB)照射後，可以讓麥角固醇轉換成維生素 D₂。所以吃曬過的香菇，可以有效地補充維生素。

拿香菇出來演示(如圖 4)，並告知香菇需要是新鮮的香菇，曬香菇需要菌褶朝太陽等，而將香菇切塊可以獲得更多的維生素 D₂。(陳怡妏 et al., 2022)



圖 4: 新鮮的香菇

學習評量及有獎問答(15 分鐘)

提問幾個問題看看學生是否有認真聽講及吸收，增加學生的參與感並可以進一步的複習教過的知識。回答問題的，獎勵測量紫外線變色珠的小禮物，讓學生回去增加曬太陽的樂趣。

問答及課後問題提問：

- 1) 題一：民間俗語說失戀可以吃什麼？
- 2) 題二：綠檸檬好還是黃檸檬好啊？為什麼啊？
- 3) 題三：香菇特有的可以轉化成維生素 D 的植化素是什麼？

除了現場展示如何曬香菇外，並讓學生將曬香菇作一回家作業：曬香菇時拍照上傳到群組分享曬香菇的樂趣(圖 5 學生曬香菇實作)。



圖 5: 學生曬香菇實作

教學流程
(下)
共 100 分鐘

課程(下)

食安問題、環保意識及農業永續 (約 15 分鐘)

植化素的複習，在上節課提及的植化素幾乎都集中在蔬果的果皮、籽。但目前吃這些蔬果如：蘋果、梨子、葡萄等都要去皮再吃，主要是認為果皮有很多農藥的殘留。食安問題是攝取蔬果植化素需要被關注面對與解決

的問題。隨著環保意識的抬頭，農業永續、果皮及果渣的再利用值得被重視與推進。

劑量計算的概念 (約 10 分鐘)

一般常聽到譬如吃番石榴的葉子可以平穩血糖，或是吃苦瓜可以改善糖尿病等，一些偏方。但是其實要達到治病的量，實驗室提煉跟萃取的技術跟一般服務的方式有很大的不同，如上節提及的雖然檸檬皮的檸檬黃素有護肝的作用，但依醫學的實驗，實驗數據中，是用濃縮提煉的方式，換算出來是，每天用量 2 公斤左右的檸檬濃縮精華，才能達到護肝效果。(Bhavsar, Joshi, Shah, & Santani, 2007) 所以在網路上看到的民間偏方，沒有明確的醫師處方或是醫學數據，在食用時，要非常注意。

康普茶(菌)的介紹 (約 25 分鐘)

在課程中講述發酵的好處，譬如可以增加風味，如酒、醋等。也可以增加保存的時間，譬如泡菜，酸菜等。發酵也能增加營養，譬如味增、優酪乳。

互動時間：請學生列舉生活中常見的發酵食物有哪些？

康普茶(菌)的介紹：

康普茶英文為 Kombucha 是一種發酵飲料，在歐美非常的流行。主要是以紅茶加上砂糖煮滾(滅菌)後放涼做為基底，然後加入紅茶菌菇啟動液 (如圖 6)發酵而成。紅茶菌菇啟動液是一種複合菌，有種醋酸菌、乳酸菌及酵母菌等。而浮在表面的一塊白色的菇體，其實不是菇，是浮在發酵液表面的醋酸菌的代謝物，一種木質纖維素(Villarreal-Soto et al., 2018)，吃起來的口感跟我們熟知的椰果相似。



圖 6:紅茶菌菇啟動液

觀看康普茶發酵影片：<https://www.youtube.com/watch?v=ETbn9dYqhGg>

影片中提及：康普茶的製作步驟及加入水果、果皮及香草做二次發酵的方法。

實作教學準備：

康普茶菌啟動液及含糖至少 10%的紅茶液(如圖 7)、寬口玻璃罐(每組一個、亦可讓學生自己準備)、手套、酒精、棉布、量杯。



圖 7:康普茶菌啟動液及紅茶茶湯

實作課：康普茶發酵之發酵 DIY (40 分鐘)

介紹康普茶這風行歐美的氣泡飲料製作方法前，先讓學生先聞聞看看並觀察啟動液。有些學生覺得有醋的味道，表示不喜歡，也有些學生看到紅茶菌菇，表示害怕，當然很多學生表示興趣及期待。

實作開始：

- 學生自備的廣口玻璃瓶須徹底清潔，並先用酒精消毒一次。
- 紅茶茶湯可以用紅茶包包濃一點並加入二砂紅糖煮滾後放涼，紅茶茶湯與糖的比例是 10:1。
- 讓學生先裝入 100cc 的紅茶茶湯。
- 在 100cc 的紅茶茶湯在倒入 10cc~15cc 的康普茶啟動液。

- 瓶口用棉布或老師提供的面紙蓋在廣口瓶並用橡皮筋封住(如圖 8)。
- 讓學生帶回家放在陰涼處不要直曬太陽。
- 隔日起開始觀察共 10 天，並且每日拍照做紀錄。
- 紀錄的照片跟觀察心得上傳到群組。
- 需要打分數的課程可以請學生用 word 編輯一頁，做為作業。



圖 8: 康普茶實作

實作後可以利用果皮做二次發酵:

- 學生可以觀察有無奇怪的顏色或是臭味等。
- 若有任何問題可以用 line 問老師。
- 學生在第 10 天左右會得到一瓶 110~115cc 發酵完成的康普紅茶液。
- 完成後的康普茶學生可以選擇喝掉，或是做二次發酵或是放大發酵培養更多的康普茶。
- 拿出一能密封的窄口瓶，做二次發酵。用學生已經發酵的 100cc 的康普茶，倒進窄口瓶器加入果皮(需要有甜度的果皮)，也可以加一些香草，加一小茶匙二砂糖或加 20cc 果汁，密封瓶蓋後放入冰箱兩天。
- 剩下的 10~15cc 的康普茶，可以當作啟動液，繼續發酵康普茶。
- 注意：窄口瓶只能放七八分滿，留些空間，避免二次發酵時，產生二氧化碳時氣體會爆瓶的危險。

	<ul style="list-style-type: none">● 第三天時，就可以喝一杯含有水果風味的康普氣泡茶飲。 <p>康普茶的特色就是很容易自己 DIY，而且可以有多樣的變化，譬如紅茶，也可以換成烏龍茶，綠茶，學生用麥茶也能發酵成功。而康普茶另外一個特色是，因為發酵完成的康普茶，菌液中含有豐富的酵母菌，加入吃水果削去的果皮，連皮帶一些果肉，加一些糖，鎖蓋後，讓酵母菌耗糖發酵，會產生二氧化碳，待 2~3 日後收成，就能有一水果風味的類似碳酸飲料的氣泡飲。</p> <p>課程中，可以介紹在蔬菜盛產過剩時，可以買來作成泡菜及酸菜，是一種調節蔬果過產的解決方案。果皮雖然植化素豐富，但單獨吃難以入口，但如果可以利用發酵，被丟棄的果皮可作進一步的利用，除了可攝取到珍貴的植化素外，還可以把垃圾變黃金，作出一新的飲品。</p> <p style="text-align: right;">獎勵與問答 (10 分鐘)</p> <p>提問兩個問題看看學生是否有認真聽講，獎勵回答問題的學生，並送測量紫外線變色珠的小禮物。</p> <p>1) 上課中提到，要達到實驗室中檸檬能達到護肝效果，一天需要吃到幾公斤的檸檬啊?</p> <p>2) 台灣檸檬一斤約 6 顆檸檬，請問 2 公斤的檸檬約有幾顆?</p> <p>這些問題主要提醒，偏方不能隨便相信，而實驗室的劑量（一天吃到約 20 顆的檸檬），還沒治療疾病，已經先傷害了身體。</p>
場地需求	一般教室即可

肆、 討論與結論

一、 討論

- 1) 學生問曬香菇是靠太陽的紫外線，那滅菌消毒用的紫外線燈是否也可以用來曬香菇。

回答：滅菌用的紫外線燈是 UVC，也是可以幫香菇的麥角固醇轉換成維生素 D2，雖然轉換率較不及 UVB，但也是可以作為 Covid-19 疫情後的另類應用，但是但用 UVC 有讓洋菇褐化的現象。(Koyyalamudi, Jeong, Song, Cho, & Pang, 2009; 陳怡妘 et al., 2022)。

- 2) 學生在課堂上提問，發酵過後的康普菌要如何保存？如果不想養了，要怎麼處理？紅茶菌菇可以吃嗎？康普茶還有什麼其他的用途？

回答：康普茶可以放入冰箱中，可以減緩紅茶菌的發酵作為保存。如果不想養，只要把它喝完或是用熱水燙過丟棄即可。紅茶菌菇就如椰果一樣，有豐富的纖維，可以加入食物中來吃。另外，也可以利用康普茶發酵液來作為麵包的酵母來使用，別有一特別風味。

- 3) 紅酒由紅葡萄含皮萃取發酵而成，富含花青素及白藜蘆醇及單寧酸，有這麼多好處，是否可以多喝來預防 Covid-19 或是延緩老化？學生問，喝酒多了一個好理由。

回答：這個問題其實對一半，紅酒確實富含多酚，但又回到劑量計算的問題，要喝到足夠劑量的白藜蘆醇，算回研究劑量，至少要喝 2 公升的葡萄汁，紅酒白藜蘆醇含量更低，可能要喝個幾公升才夠一天的攝取量。(陳怡妣, 2020) 而要攝取單寧酸預防 Covid-19，根據中國醫藥大學的期刊，至少也要喝到一公升以上才足夠。所以還沒達到養身增加免疫力，就先傷荷包，還傷身。(朱育嫻, 2021)。

二、結論

本 STEAM 的科學教育推廣，除了讓學生認識到日常生活中的植化素外，更希望讓學生在飲食上能多攝取不同顏色的蔬果增加植化素的攝取。透過 STEM 科學教育，讓學生感覺到有趣，收到許多學生回饋，表示曬香菇真的很有趣也很簡單，現在家裡在買回香菇後都會拿出去曬一下再吃，甚至有人表示跟媽媽一起做，媽媽還打電話給在美國的姊姊，請他也要這樣曬香菇。而在學生曬香菇的報告中發現，有人利用曬衣架配合夾子曬香菇，有些遇到雨天失敗的經驗，但也有在陽台陽光不充裕，或是學生用玻璃杯裝著曬等狀況，這些限制也帶給老師未來課程設計上，可以更加關注於細節上的修正。

學生初養康普菌時，從害怕擔心到後來如養寵物般的轉換心境。有些學生表示開心，但有些因害怕味道選擇棄養！有些學生，除了繼續新康普茶的製作，還有加入檸檬皮、蘋果皮等做了二次發酵成氣泡飲飲用。最特別的除了有人將康普菌拿出來吃外，也有人查詢網路後將康普菌菇與小黃瓜一起入菜的創意料理。

科普教育與實作教學的樂趣，除了學生能學到新事物外，每次教學後，從學生的回饋中亦可得到不少有趣跟有創意的回饋，這是教學中最大的收穫。除了可以將教學內容做一些補充或修正外，也能有一些新的啟發。STEAM 科學教育探究與實作，教學相長，是一值得老師推廣的教學模式。

致謝

感謝高師大生物科技系廖麗貞教授、教育部 STEM 女性生物科技人才培育計畫、高師大理學院科學教育推廣。健茂生物科技：媒體部及研發團隊，特別是陽日中、張簡新發、陳俞穎、黃鼎宇、郭恆妙、卓采億的協助。

參考文獻

- 陳怡妘, 王碩宏, 利見興, 陳姿君, 洪振方, 黃琴扉, & 柯景元. (2022). 跨領域科普實作教學－曬人不如曬香菇. [Interdisciplinary Popular Science Practical Education - Mushroom Sun Bath is Better than People Sun Bath]. 物理教育學刊, 23(2), 1-13. doi:10.6212/cpe.202212_23(2).0001
- 陳怡妘. (2020). 從《黃帝內經》五色探討五果古今應用及生理功效. (博士), 中國醫藥大學, 台中市. Retrieved from <https://hdl.handle.net/11296/p46eh3>
- 蔡進雄. (2019). 各國推動 STEM 教育的新動態. Retrieved from https://epaper.naer.edu.tw/edm.php?grp_no=3&edm_no=180&content_no=3176
- 亞太 STEM 教育協會. 什麼是 STEM 教育？什麼又是 STEAM 教育？ Retrieved from <https://www.asiastem.org/what-is-stem>
- 娛樂追蹤. (2022). Banana 失戀要吃香蕉皮？不但營養 還可以做甜點. Retrieved from https://www.am1470.com/hot_topics_detail.php?i=6436
- 朱育嫻. (2021). 健康 2.0. 單寧酸抑制新冠病毒活性！醫師：喝這個含量高，還能減脂促進代謝. Retrieved from <https://health.tvbs.com.tw/medical/328171>
- Bhavsar, S. K., Joshi, P., Shah, M. B., & Santani, D. (2007). Investigation into Hepatoprotective Activity of Citrus limon. *Pharmaceutical Biology*, 45(4), 303-311.
- Iwashina, T. (2015). Contribution to flower colors of flavonoids including anthocyanins: a review. *Natural product communications*, 10(3), 1934578X1501000335.
- Johar, D., Maher, A., Aboelmagd, O., Hammad, A., Morsi, M., Warda, H. F., . . . Zaky, S. (2018). Whole-food phytochemicals antioxidative potential in alloxan-diabetic rats. *Toxicology Reports*, 5, 240-250.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. doi:10.1186/s40594-016-0046-z
- Koyyalamudi, S. R., Jeong, S.-C., Song, C.-H., Cho, K. Y., & Pang, G. (2009). Vitamin D2 formation and bioavailability from *Agaricus bisporus* button mushrooms treated with ultraviolet irradiation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(8), 3351-3355.
- Lampe, J. W. (2003). Isoflavonoid and lignan phytoestrogens as dietary biomarkers. *The Journal of nutrition*, 133(3), 956S-964S.
- Liu, R. H. (2012). Health Benefits of Phytochemicals in Whole Foods. In N. J. Temple, T. Wilson, & J. D. R. Jacobs (Eds.), *Nutritional Health: Strategies for Disease Prevention* (pp. 293-310). Totowa, NJ: Humana Press.
- Liu, R. H. (2013). Health-Promoting Components of Fruits and Vegetables in the Diet. *Advances in Nutrition*, 4(3), 384S-392S. doi:<https://doi.org/10.3945/an.112.003517>
- Martinez, K. B., Mackert, J. D., & McIntosh, M. K. (2017). Polyphenols and intestinal health. In *Nutrition and functional foods for healthy aging* (pp. 191-210): Elsevier.
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. In (Vol. 14, pp. 2202-2211): *Molecular Diversity Preservation International*.
- Soleymani, S., Farzaei, M. H., Zargaran, A., Niknam, S., & Rahimi, R. (2020). Promising plant-

- derived secondary metabolites for treatment of acne vulgaris: a mechanistic review. *Archives of dermatological research*, 312, 5-23.
- Sun, L., Tao, S., & Zhang, S. (2019). Characterization and quantification of polyphenols and triterpenoids in thinned young fruits of ten pear varieties by UPLC-Q TRAP-MS/MS. *Molecules*, 24(1), 159.
- Tanaka, Y., Sasaki, N., & Ohmiya, A. (2008). Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*, 54(4), 733-749.
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, P., & Taillandier, P. (2018). Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580-588.
- Vo, T. V., Dang, T. H., & Chen, B. H. (2019). Synthesis of Intelligent pH Indicative Films from Chitosan/Poly(vinyl alcohol)/Anthocyanin Extracted from Red Cabbage. *Polymers*, 11(7), 1088.
- Waladkhani, A., & Clemens, M. R. (1998). Effect of dietary phytochemicals on cancer development. *International journal of molecular medicine*, 1(4), 747-800.