

教育部教學實踐研究計畫成果報告

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PAG1090091

學門專案分類/Division：農科學門

執行期間/Funding Period：2020-03-01~2022-01-31

應用微生物學由學術實作轉譯至產業之系統應用教學

(配合課程名稱/Course Name：應用轉譯微生物學/Applied Translational Microbiology)

計畫主持人(Principal Investigator)：沈湯龍

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立臺灣大學植物病理與微生物學系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 3 月 31 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022-03-17

計畫名稱：

應用微生物學由學術實作轉譯至產業之系統應用教學

一、研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

(1) 教學實踐研究計畫動機

微生物學領域十分寬廣且與生活息息相關，課堂進行方式大部分由授課教師以講授不同微生物在許多層面的應用，學生藉此瞭解已在應用的多樣研發成果，但實際產業中如何評估微生物是否具有應用潛力、研發過程設計、產品開發專案撰寫，則未能觸及，對往此方向發展職涯的學生仍存在學用落差，進而開設「應用微生物學」課程，內容涵蓋許多主題面向，教學多以各個子議題作為課堂內容規劃依據，「應用轉譯微生物學」為其一，主要討論將微生物學實際應用，由學術界轉譯至產業界。課程內容教授實際到自然界中採集，藉由生物化學、遺傳學和細胞生物學方向進行菌種鑑定並研究其功用，再讓學生練習利用成果提出延續專案，使學生進一步瞭解學術研究實作到微生物產業化一連串的進程，為將來就業提供相當大助益的一門課程。

課程中的密集採集課程，增加教學助教與學生比例過低，學生們所具備前導知識程度差異且採集課程強度高，造成難以建立自信無法進而引起興趣；又因成本考量，實驗大多以片段觀摩為主，鮮少讓學生們動手創造出自己的成果，不足以提供從實際研究設計推廣到產業應用時所需的思維脈絡及實務技能，導致存在學用落差；故發想申請此計畫，有足夠經費運用在相關領域教學助教的聘請，讓採集課程更具效率與成果，以及提供各項菌種鑑定及功用研究之實驗耗材，讓學生自行設計規劃到功效確認實驗執行，精進研發能力，並邀請相關領域業界專家演講，實際產學的鏈結，刺激學生的興趣與提供職涯藍圖。

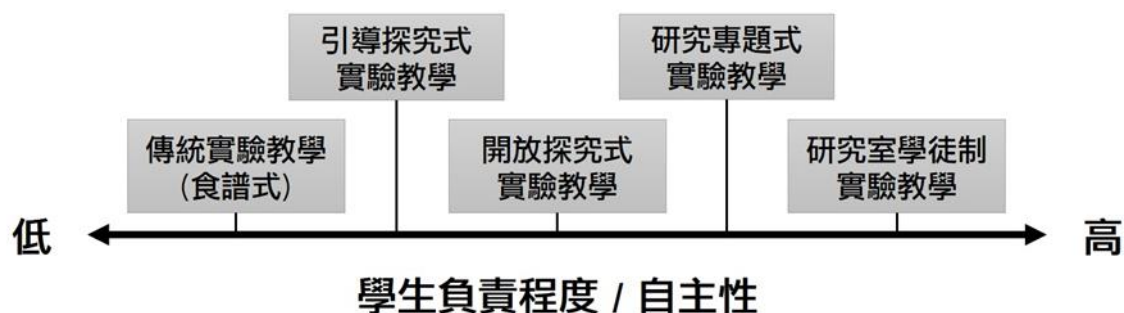
(2) 教學實踐研究計畫主題及研究目的

「應用轉譯微生物學」旨在使學生達成應用與轉譯兩大課程主軸目標，計畫欲以此課程為主體，藉由一連串文獻探討，嘗試導入「引導探究式教學」、「專案導向教學」、「團隊導向教學」等方式，搭配技術實作及多元課堂活動設計，包含實地採集、企業參訪等，並邀集業界專家進行跨領域講座，一般科學學術教育過程中較不易觸及的商管知識，使學生在完成專案過程由「做」中「學」，進而瞭解微生物知識如何實際應用，並認識相關產品從研究方向設計到開發流程專案，強化實務技能並能連結產業需求、減少學用落差。

二、文獻探討(Literature Review)

近年由於對學生學習風格及成效研究的增加，教學方式逐漸轉變為以學生學習為中心，倒敘設計 (backward design) 因而成為新的課程設計主流思維模式 [1]，教學者由學生應習得何種技能為出發點設定課程目標，進一步回推何種評量方式得以確認各目標之學習成效，再衍伸至課堂應包含哪些知識內容及以何種課堂活動進行教學。美國微生物學會亦建議可依此原則建構微生物學課程內容，並促進學生主動學習，將知識提升至應用層面。[2]

微生物科學領域的教學多有搭配實驗，得以使學生透過實作體驗課堂傳授之理論知識及應用，然不同實驗教學方式將產生學生負責程度及自主性差異 [3]，如下圖所示：



其中探究式實驗教學為開放部分科學研究過程給予學生探索 (例如觀察、提問、實驗設計等)，因而比起直接給予學生實驗目的、操作流程及結果觀察項目，類似於參照食譜操作之傳統實驗教學模式，更能提升學生對課程內容負責程度及自主性。而探究式實驗教學依據教學者介入引導程度及開放給予學生探索內容之差異，可產生開放程度的多樣性，已有多種不同探究式實驗教學方式運用於大學生物領域實驗課堂之研究發表。

Shanks 等人 [4] 於動物行為模式的實驗課程中，嘗試在不更動現有實驗課程架構的前提下，先給予學生基本操作概念的前導介紹，再由學生分組討論操作變因，之後全班共同決定選擇其中一組提出的變因作為專題，進行原定課程實驗並收集數據統整分析，最終進行海報展示及同儕互評。與進行傳統實驗課程的對照組相比，進行探究式實驗教學的實驗組學生在實驗設計能力上有所提升。

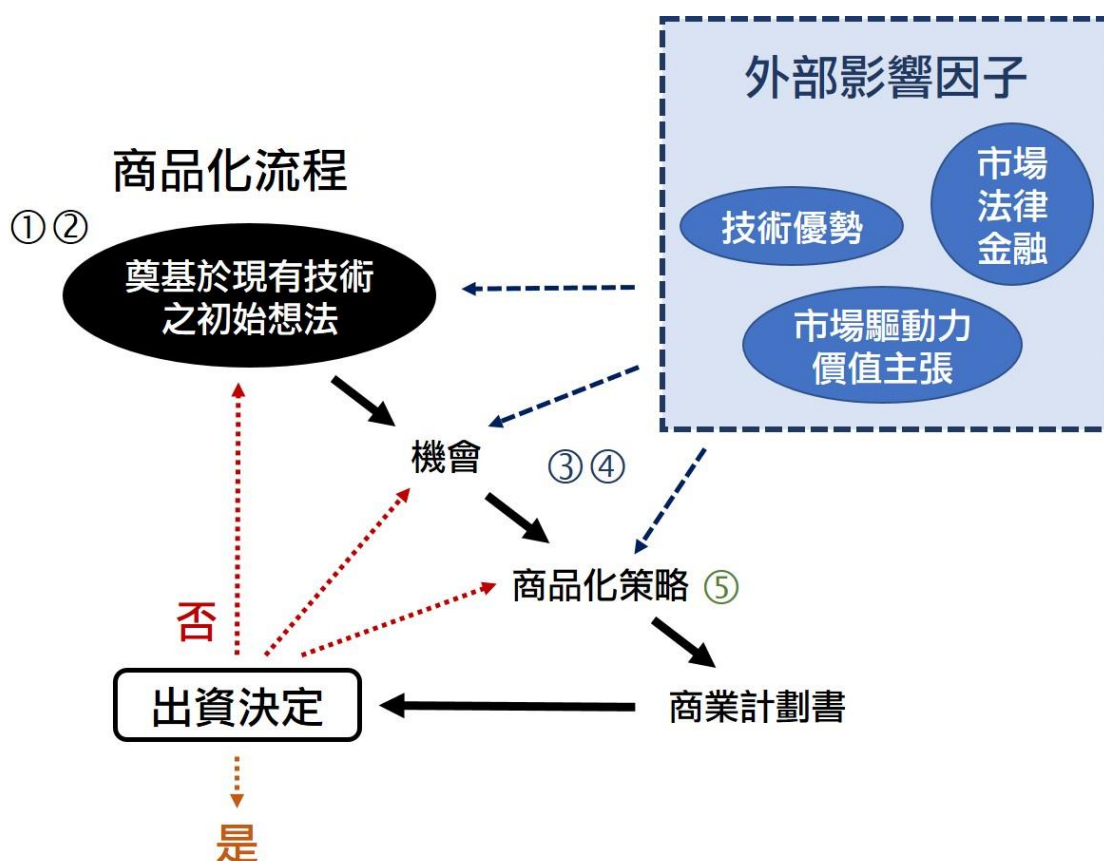
Rauschenbach [5] 與 Gasper [6] 兩團隊則各自針對微生物學實驗課程範圍進行不同廣度的探究式教學。Rauschenbach 等人將原定課程其中一個子題改作探究式教學專案，開放學生設計實驗，並在課程各週除進行原定傳統實驗教學進度外，輔以專案所需必要前導知識、實驗設計與分析、海報製作與展示等引導，多數學生皆有達成教師所設定之課程目標，並且自評在提出假說、試驗設計及資料分析等探究科學能力上有所提升，在科學寫作溝通技巧上亦有助益。而 Gasper 等人則模擬真實研究流程作為實驗課探究教學，在給予基本操作流程與所需背景知識後，學生需重複操作所學技術完成專題，課程中同時穿插文獻閱讀討論以及同儕引領進行科學研究工作坊，此一方式能使學生瞭解真實研究流程並顯著提升批判性思考能力。

此外，亦有結合不同開放程度探究式實驗的設計，Kusnadi 等人 [7] 的研究中將微生物學實驗課程分為三階段，在教授基本微生物實驗操作技術後，以引導式探究教學給予試驗組科學研究的技巧，最後以開放式探究教學帶領試驗組分組完成自訂微生物相關專題，發現試驗組在學生科學探究素養、微生物實驗基本操作技術及科學態度的提升皆較控制組顯著。

針對學生背景知識程度具有差異的現象，Blumer [8] 分析多個教學機構中不同生物學相關課程進行引導探究式實驗教學結果，發現以前測對學生程度作分群後，前備知識不足的學生在後測中對科學論述及實驗設計能力尤有顯著提升。

轉譯微生物為了將學術成果應用至產業，彌補學用落差，而近年創業教育 (entrepreneurship education) 逐漸風行，然一般商管學院對於商品化流程的訓練著重於發現市場問題為出發點，才進而產生商品靈感，但未必能與現有技術資源銜接。

以理工科學領域而言，常是先有學術研發成果，再思考是否能將該成果投入市場產品化，因此技術為本的創業教育 (technology-based entrepreneurship education) 可能較貼近理工科學實際應用場域。Boocock 等人 [9] 指出此種教學模式依據商品化流程如下圖，需涵蓋五階段架構： 搜尋、 構想為瞭解現有技術平台並構思其可能商品化之應用方向， 分析、 評估需調查各項應用方向可能的外部影響因子後，包含是否有市場過小或智財權衝突等缺陷，瞭解其商業可行性， 商品化策略制定則是依據上述各項資訊產生，包含取得執照、決定生產銷售或合資模式等。



Kazakeviciute 的團隊 [10] 在比較國際承認之不同創業訓練課程後，建立技術為本的創業教育課程，其學生及教學者來源皆有跨領域及跨文化特性，課程內容包含教授商業化理論、個案研究、以互動情境體驗商業化過程、分組進行商業專案、設立導師制度提供學生專案進行中的意見諮詢等，在課程開始及結束後對學生進行前後測，學生自評在創業知識及技能上皆有提升。

三、研究問題(Research Question)

「應用轉譯微生物學」課程中常遇到助教與學生比例過低，又加上學生們所具備前導知識程度差異且採集課程强度高，造成課程中難以建立自信，進而無法引起興趣；又因成本考量，實驗大多以片段觀摩為主，鮮少讓學生們動手創造出自己的成果，不足以提供從實際研究設計到產業界推廣應用時所需的思維脈絡及實務技能，導致學用落差之感。

規畫採倒敘的課程設計 (backward design) [1]，設定學生最終將成果商品化為課程目

標，邀請業界專家教導如何提出商品專案，主要嘗試解決學用落差的問題，使學生們可創造出自己的商品，進一步建立研發或創業所需的思維脈絡與實務技能，不再害怕畢業後的自我定位，將知識能夠實際應用在工作上。

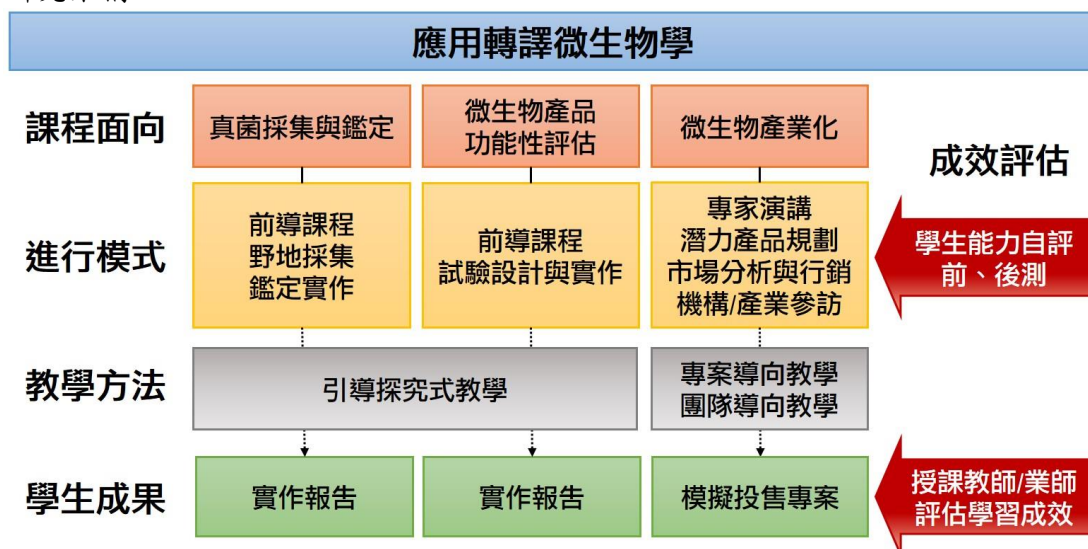
四、研究設計與方法(Research Methodology)

研究設計說明

本計畫將針對「應用轉譯微生物學」課程設計改進，為使學生具備開發具商業潛力微生物、進行將實驗室成果轉化至臨床實際產品應用之轉譯科學能力，計畫進行倒敘設計。課程內容包含確認學生具備所需背景知識之先導課程，並以「引導探究式教學」帶領學生實際至野外進行考察並採集真菌，進行未知真菌鑑定，以及對具商業化潛力微生物進行功能性評估之實作課程，後續以產業或研發機構參訪使學生對實務現場運作有更深入的认识，並邀請業界專家進行專題演講，闡述產業化過程中考量要點，如產品規劃、強弱危機分析 (SWOT analysis)、行銷概念等，並在最後以「專案導向教學」、「團隊導向教學」，使學生運用前述所學，分組模擬產品進行投售簡報 (pitch day)。

研究步驟說明

A. 研究架構



B. 研究問題/意識

本研究假設引入「引導探究式教學」、「專案導向教學」、「團隊導向教學」之微生物實作課程設計後，學生可藉完成專案解決實際問題過程中達成自主學習，運用所學進而提高學習成效，並由分組設計培養團隊合作能力。

C. 研究範圍

微生物採集鑑定與功能性評估預計使學生參照相關文獻期刊 [11, 12] 作為範本，使學生閱讀瞭解實際過程須包含哪些流程與技術，輔以授課教師依據教學及研究經驗自編之前導課程內容，補足相關知識後由學生搜尋其所需操作之技術操作原理與細節，經與教師或助教討論引導後再進行實作。

微生物產業化部分則由業界專家演講，使學生瞭解產品開發所需市場分析與行銷等商管知識，並輔以研發機構或公司企業之參訪一窺實際現場，最後組成小組完成一模擬專案，過程中將視需求安排與業師討論引導產品計畫之撰寫或投

售簡報製作。

D.研究對象與場域

本計畫研究對象為 108-2 學期修習「應用轉譯微生物學」課程之學生，資料收集場域包含講授課程課室、真菌採集考察野地、菌種鑑定與功能性評估實作場域、參訪機構與模擬投售發表會場。

E.研究方法與工具

除本校常設性由教務處統籌於期中期末進行教學意見調查外，預計於課程各個內容段落進行前後，讓學生填寫自我能力評估之問卷，瞭解學生於該段落進行後是否對於內容掌握度有所提升。並由授課教師或業師針對學生實際產出之成果，如菌種鑑定報告、功能性評估報告、潛力微生物產品之投售專案等，進行學習成效評定。

F.資料處理與分析

學生能力自評前後測預計對各題題幹敘述，由非常不同意至非常同意各選項建立五分量表，可計算各題之平均得分或學生選填各選項之比例，並比較前測與後測是否結果具有差異。各專題之評分則預計由該部分授課教師或業師依學習目標建立評量指標 (rubrics)，依據學生個人或組別具體達成學習目標之程度，給予等地制評分，以確認學生學習成效，並同樣計算平均及成績分佈。

G.實施程序

預計於各課程階段或活動前預留部分課堂時間進行前測，以問卷記名方式填答，結束後同樣預留部分課堂時間實施記名問卷之後測。如課程進行中發現有特別正向或負向回饋狀況，可再對學生進行個人晤談等質性調查，該課程期末進行實作與口頭報告，由授課教師或業師評分。

五、教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 課表及授課內容

本計畫課程設計以將學術成果轉譯為產業應用的微生物學課程進行模式，並以學生學習為中心作為特點，其中包含以「引導探究式教學」進行之實驗操作，以及「專案導向教學」、「團隊導向教學」之產品化流程學習等。

內容涵蓋野外採集和菌種鑑定、功能性評估及模擬投售等專題報告，作為完整體驗產品研發過程上中下游之成果。上課初始以簡報介紹課程概要，使學生對真菌的型態辨識、基礎生理和實際應用有初步的瞭解；課程行進的第七週，規劃三天兩夜於臺大溪頭林場進行真菌的實際野外採集，並依據採集成果，攜回實驗室進行進一步的菌種鑑定及分離。應用分析層面，再輔以高效液相層析儀進行菌樣內化合物的分離和剖析，搭配已知文獻或資料庫探勘菌株有效活性成分，並透過一系列活性和功能性試驗，分析其抗菌、治療或作為增益菌株的效力和潛能，和討論其運用於產業發展之用途及可能性。

三天兩夜的教程亦安排校外參訪如正瀚生技股份有限公司、水里木工廠和台中科博館等，結合業界或育樂於教的科普場域，使學生在三日活動中體驗不同的教學模式，並能跳脫出紙上談兵的理論講演，實際去運用所知所學，在多元實作和參訪經驗中增長信心、樂於學習和持續往微生物學領域發展深造。

週次	日期	單元主題
第1週	March 2	No lecture
第2週	March 9	Course Introduction (TLS)
第3週	March 16	No lecture
第4週	March 23	no lecture
第5週	March 30	no lecture
第6週	April 6	No lecture
第7週	April 10-12	Field Trip - NTU Experimental Forest (3 days and 2 nights)
第8週	April 13	Lab -Isolation and culture
第9週	April 20	Lab- identification
第10週	April 27	Lab- Extraction and HPLC
第11週	May 4	Functional Assay I
第12週	May 11	Functional Assay II
第13週	May 18	Data Analyses
第14週	May 25	Data Analyses II
第15週	Jun 1	Discussion
第16週	Jun 8	No lecture/final report preparation
第17週	Jun 15	Final report

(2) 課程成效、與學生之教學互動模式

透過「引導探究式教學」之實踐，所達成之學習成效為：

- 學生能夠運用前導課程所學內容，自野地採集真菌並鑑定其物種。
- 學生能夠針對具商業潛力之微生物，進行各項功能性評估試驗，並正確判斷是否可宣稱該產物具有特定功效。
- 學生能對微生物產品蒐集市場資訊進行強弱危機分析，並運用行銷概念包裝產品進行投售等商業程序。
- 利用引導式授課和完整實作之教學方式，另學生從野外採集，至上實驗桌分析，到看到企業如何從實驗數據中萃取出有益經驗，並產生出有價值的產品。
- 一別以往呆版的知識授課模式，學生能真實地走出教室外，碰觸到教材和課本中所見的真菌和微生物，結合兩者的體驗而擁有更加活用知識的能力。
- 育樂於學，使學生在野外採集和校外參訪中感受有趣，以增添學習動力和往此領域產業界發展深造的意願。

(3) 教學成果對教學社群所產生之影響與貢獻

此次創新教學研究計畫，導入「引導探究式教學」、「專案導向教學」、「團隊導向教學」等以學生學習為中心的教學模式，實地進行生技產業產品研發，有別以往課程講解的單純被動式學習模式，引導學生求知之慾望以及提升成就感，並彌補學用落差，實際加入商品評估與專案報告，體驗畢業後就業的產業實作，為生技領域之教學社群之一創新典範。

六、建議與省思(Recommendations and Reflections)

增加教學人數與擴大推廣範圍

本計畫所對應之「應用轉譯微生物學」課程受限於實驗設備、參訪接待容量、及教學師資等因素，每學期僅能招收 12-20 位學生；相對於國內每年有超過 6,000 位農學領域的學/碩/博士畢業生，這樣的數字是非常少的。有鑑於此，後續將會持續規劃如何擴大現有課程能指導的學生數，包含探討安排分組授課的可能性、增加合作的參訪單位數、以及增聘助教和擴大參與的師資，讓具備「引導探究式教學」、「專案導向教學」、「團隊導向教學」等創新教學和學習模式的課程能讓更多學生參與和受惠。

學習內容的標準化和模組化

儘管本計畫所對應之「應用轉譯微生物學」課程強調在實作中學習，每位學生的學習過程和心得都會有所不同；不過課程仍可依照教學和學習目標進行標準化和模組化的規劃，以利上述增加教學人數與擴大推廣範圍的省思。舉例來說，企業參訪的課程目標是讓學生了解微生物學在產業的實際應用，而教學方式則是透過前導課程說明背景知識後，再實際到企業環境了解相關知識的應用，並親自體驗企業的運作和技術應用過程。有鑑於此，在訂定課程目標和教學必須達到的目標之後，參訪的企業即可彈性調整，而前導課程亦可配合各參訪企業進行調整，以構成一體之模組化課程。如此以來，課程內容即可由多種模組構成，原則和目標不變，但實際內容可依時間、時事、和人事安排進行調整；這不僅會有助於分組授課的安排，也可讓其他學校有志提供類似課程的教師可遵循一致的原則和目標設計課程，甚至可讓不同學校所開設的課程之間得以相互支援課程模組，而減輕個別教師的備課負擔。

外部合作單位的資料庫建置

有鑑於本計畫所對應之「應用轉譯微生物學」課程需要許多外部單位和資源配合以實踐田野採集、企業參訪、專家講座等，而單一教師的人脈和合作總是有限；因此未來將規劃建立有意願合作之外部單位的共享資料庫，其中包含單位名稱、聯絡人、可提供之資源或合作項目等內容，作為所有希望開設類似課程之教師可參考和增添外部單位合作資料所用。如此以來，這項課程的執行和推廣將會更為順利，也期盼能讓更多其他學校的教師願意投入和建置類似課程，以讓更多農學領域的學生能夠受惠。

與國際進行接軌

本計畫對應之「應用轉譯微生物學」課程有開放國立臺灣大學與日本筑波大學、法國波爾多大學所開設之三校聯盟 (GIP-TRIAD) 碩士學程外籍生選修，對促進國內和國外學生的交流有一定的幫助；但未來也希望能和國際的外部單位合作，進行遠距或實體參訪、交流、以及實作。農業的發展正在往高度技術和研發需求邁進，而全球農業產業也由少數跨國龍頭企業坐穩市占率，因此如何讓學生更早了解這樣的產業生態和環境，進而準備好自己以提升國際競爭力，都是未來值得深刻反思和規劃精進的重要課題。

參考文獻(References)

1. Wiggins G. & McTighe J. *Understanding by Design, 2nd ed.* New Jersey: Pearson Education, 2005.
2. Merkel, S.M., *American Society for Microbiology resources in support of an evidence-based approach to teaching microbiology.* FEMS Microbiol Lett, 2016. **363**(16).
3. Weaver, G.C., C.B. Russell, and D.J. Wink, *Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science.* Nat Chem Biol, 2008. **4**(10): p. 577-80.
4. Shanks, R.A., et al., *Measuring and Advancing Experimental Design Ability in an Introductory Course without Altering Existing Lab Curriculum.* J Microbiol Biol Educ, 2017. **18**(1).
5. Rauschenbach, I., R. Keddis, and D. Davis, *Poster Development and Presentation to Improve Scientific Inquiry and Broaden Effective Scientific Communication Skills.* J Microbiol Biol Educ, 2018. **19**(1).
6. Gasper, B.J. and S.M. Gardner, *Engaging Students in Authentic Microbiology Research in an Introductory Biology Laboratory Course is Correlated with Gains in Student Understanding of the Nature of Authentic Research and Critical Thinking.* J Microbiol Biol Educ, 2013. **14**(1): p. 25-34.
7. Kusnadi, K., et al., *Enhancing Scientific Inquiry Literacy of Prospective Biology Teachers through Inquiry Lab Project in Microbiology.* International Conference on Mathematics and Science Education (Icmsce), 2017. **895**.
8. Blumer, L.S. and C.W. Beck, *Laboratory Courses with Guided-Inquiry Modules Improve Scientific Reasoning and Experimental Design Skills for the Least-Prepared Undergraduate Students.* CBE Life Sci Educ, 2019. **18**(1): p. ar2.
9. Boocock, G., R. Frank, and L. Warren, *Technology-Based Entrepreneurship Education: Meeting Educational and Business Objectives.* The International Journal of Entrepreneurship and Innovation, 2009. **10**(1): p. 43-53.
10. Kazakeviciute, A., R. Urbone, and M. Petraite, *Curriculum development for technology-based entrepreneurship education: A cross-disciplinary and cross-cultural approach.* Industry and Higher Education, 2016. **30**(3): p. 202-214.
11. Chou, S.M., et al., *Synergistic property of cordycepin in cultivated Cordyceps militaris-mediated apoptosis in human leukemia cells.* Phytomedicine, 2014. **21**(12): p. 1516-24.
12. Wang, Y.W., et al., *Evaluation of an Epitypified Ophiocordyceps formosana (Cordyceps s.l.) for Its Pharmacological Potential.* Evid Based Complement Alternat Med, 2015. **2015**: p. 189891.

附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。

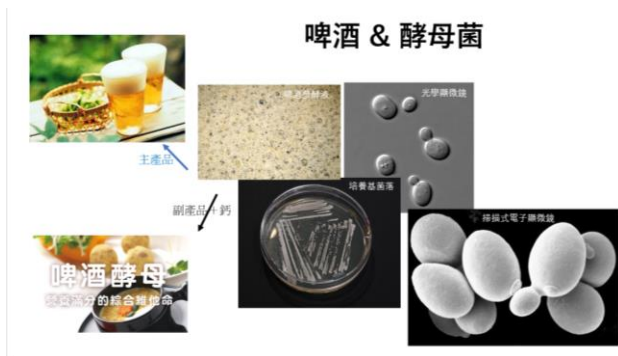
附件一、2021 應用轉譯生物學 校外參訪行程表

Date	Activity	Venue	Remarks
4/23	Departure @ NTU main gate 12:30	NTU main gate	
	Visit & field trip (15:00)	正瀚生技股份有限公司	
	Dinner (17:30)	ChuShan	
	Arrival Xitou (20:00) for Field trip	Taichung/Xitou	
	Good night		
4/24	Breakfast (7:00) Xitou	Xitou	Xitou Education Center
	Field trip with light lunch 9:00-15:00	Xitou	
			Introduction of Biodiversity (Xitou)
	Lecture (14:00-16:00)		精油屋：Hiran、曾老師 (實驗設備材料)
	Dinner (18:30-20:00)	Xitou Education Center	
	Good night		
4/25	Breakfast (7:00) Xitou	Xitou	Xitou Education Center
	Heading to 水里木工廠 (9:00-11:30)	水里木工廠	水里木工廠：莊閔傑、李佳如
	Lunch (11:30)		水里教育中心
	Taichung Science Museum (14:30)	台中科博館	黃俞菱博士
	Heading back to Taipei (16:30)		
	Arrive at Taipei (18:30)		

NTU Xitou Experimental forest: <http://www.exfo.ntu.edu.tw/sitou/jp/01about/default.aspx>
 CHBio: <http://www.chbio.com/>

附件二、課程簡報檔案節錄

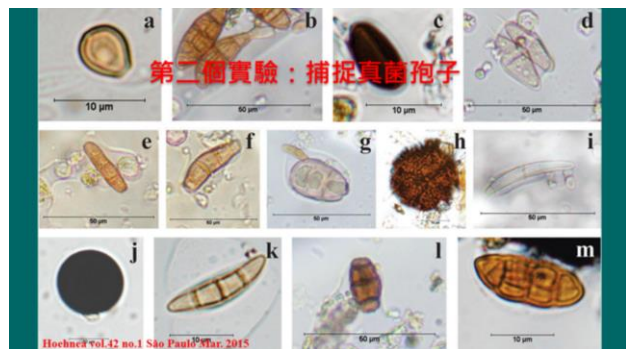
- 科教館-酵母菌之應用於啤酒產品：



- 真菌學課程-生活中的真菌與其應用



- 真菌田野實地考察教材簡報



三、學生互動參與實務成果及照片

