

出國報告（出國類別：國際研討會）

第二屆生物資源技術國際會議：  
討論生質能源、生質產品和環境永續  
性議題

(2nd International Conference on  
Bioresource Technology for Bioenergy,  
Bioproducts & Environmental  
Sustainability)

服務機關：台灣中油股份有限公司 綠能科技研究所

姓名職稱：高艾玲 化學工程師

派赴國家：西班牙

出國期間：107.09.15-107.09.20

報告日期：107.10.12

## 摘要

第二屆生物資源技術國際會議（BIORESTEC 2018）主題包括生質資源的預處理和解構，生質資源（包括廢物）回收和再循環，生質燃料（液體和氣體）的生產及利用，生質化學品的生產及利用，生質資源的熱化學轉化，生物精煉廠和白色生物技術，系統方法包含生物資源系統分析，生命週期評估（LCA），碳足跡核算，工業應用和擴大規模，以及生物資源政策和經濟學。綠能所生物科技組研究近三年研究主軸為生質料源之高值化應用，範疇涉及生物技術、生物工程、生質能源、生質產品研發，近年來已研究開發相關技術，包含玄米皮安定化技術、玄米皮相關產品開發、專利微藻養殖與應用、藻類高價萃取物應用開發、基因及蛋白質工程、酵素生產、微生物發酵等。該國際研討會主題與本組研究內容相契合，為瞭解國際間生物資源技術的最新發展及工業化趨勢，因此參加第二屆生物資源技術國際會議，本次代表綠能所生物科技組發表四篇海報論文，發表期間各國學者前來詢問本公司相關技術並交換意見與討論，也藉此機會介紹公司相關業務與綠能科技研究所發展概況，專利微藻 *CPC1215* 應用技術發展較完整，詢問度也較高。整體而言各國學者對於我們是台灣石油公司，於生質能源與循環經濟中副產物再利用的研究成果給與高度評價，尤其對於微藻研究可以取得中華民國與日本專利印象深刻，尋求將本組核心技術推廣至國際的契機。在中油公司的角色，研發不只是學術研究，收集資訊、積極溝通 協調、技術整合，跨領域合作才能創造出具有價值的技術與產品。

此外，令人印象深刻的是本次會議採無紙化進行，使用 APP 與電子書型式發表所有訊息，可由下列網址取得所有文件 <https://elsevier.conference-services.net/secureProgrammeLogin.asp?conferenceID=4212> (Username: Content-BRTX2018，Pass: Delegate)

# 目次

摘要.....	1
目次.....	2
一、目的.....	3
二、過程.....	4
2.1 BIORESTEC 2018 會議中發表四篇海報論文.....	5
2.2 BIORESTEC 2018 海報論文中與現行研究相關的議題.....	9
2.3 BIORESTEC 2018 特邀講者.....	14
2.4 BIORESTEC 2018 其他感興趣的發表.....	28
2.5 參考文獻.....	34
三、心得及建議.....	35
四、具體成效.....	37
五、附件	
附件(一) BIORESTEC 2018 會議行程表.....	38
附件(二) BIORESTEC 2018 發表之海報論文.....	39
附件(三) BIORESTEC 2018 發表之海報論文證明.....	43

## 一、目的

台灣中油股份有限公司綠能科技研究所生物科技組近三年研究主軸為生質料源之高值化應用，範疇涉及生物技術、生物工程、生質能源、生質產品研發，近年來已研究開發相關技術，包含玄米皮安定化技術、玄米皮相關產品開發、專利微藻養殖與應用、藻類高價萃取物應用開發、基因及蛋白質工程、酵素生產、微生物醱酵等。第二屆生物資源技術國際會議（**BIORESTEC 2018**）主題與本組研究內容相契合，為瞭解國際間生物資源技術的最新發展及工業化趨勢，因此參加第二屆生物資源技術國際會議，並代表本組發表四篇國際會議論文，會中與國際學者專家交流建立未來合作研究的可能，另將我們的重要研發成果與專利技術在國際會議中展示，尋求國際間技術交流的契機。

本次有幸得到公司支持參加國際知名出版社 **ELSEVIER** 愛思唯爾舉辦的 **BIORESTEC 2018** 國際會議，本次會議是第二屆展示 Elsevier 重要期刊成果的旗艦會議，本次會後主要發表期刊為 **Bioresource Technology (BITE)** (Impact Factor: 5.807) 和新推出的 **Bioresource Technology Reports** 兩本期刊（主編是台灣教授李篤中），**BIORESTEC 2018** 旨在為研究人員、學者、產業與政策制定者提供一個溝通平台，討論生物技術、生質能源、生質產品當前最新技術和新興趨勢。**BIORESTEC 2018** 的舉辦由國際委員會組成，包含來自學術界和工業界的知名專家。**BIORESTEC 2018** 的主要議題包括生質資源的預處理和解構，生質資源（包括廢物）回收和再循環，生質燃料（液體和氣體）的生產及利用，生質化學品的生產及利用，生質資源的熱化學轉化，生物精煉廠和白色生物技術，系統方法包含生物資源系統分析，生命週期評估（**LCA**），碳足跡核算，工業應用和擴大規模，以及生物資源政策和經濟學。本次會議收到超過 800 篇摘要，由科學委員會成員評估是否適合發表在 **BIORESTEC** 涵蓋的主題範圍。經過同行評審後，評分並選擇摘要進行口頭或海報展示（或拒絕）。海報於 2018 年 9 月 17 日和 18 日分兩批次展示，並由專家進行評審，並選出最佳海報獎。

第二屆生物資源技術國際會議（**BIORESTEC 2018**），延續 2016 年 10 月舉行的第一次成功會議。藉由參與該研討會，除了亞洲及美洲專家，難得可與歐洲、非洲等平時較少接觸到國外專家、學者交流並觸發新的合作契機，使本所的研究能與時俱進、跟上國際研發趨勢，另將我們的重要研發成果與專利技術在國際會議中展示，尋求將本組核心技術推廣至國際的契機。

## 二、過程

9月15日中午由台灣嘉義出發，9月19日自西班牙錫斯特返程，9月20日晚間抵達台灣，會議時間為9月16日至9月19日，總行程為六天，9月16~17日共計兩場海報論文發表討論會，期間發表四篇海報論文，經過大會委員會由800多篇論文篩選脫穎而出，主題包含(1)專利微藻CPC1215於生質柴油副產物甘油減廢之應用，(2)玄米皮酒精生產，(3)玄米皮殼維素純化與分析，(4)微生物發酵產2,3-丁二醇應用，發表期間有多國學者對我們的研究表達興趣並交換名片，希望後續可保持聯繫拓展合作機會，在國際間有效提升我們研發成果的可見度，會議中特邀講者(見附件一)以循環經濟為主軸，重點集中在減廢與廢棄物處理上，以廢水處理問題為大宗，生質能源方面以甲烷生產發表較多，其次是纖維素裂解與發酵生產生質酒精，微藻應用主軸在廢水處理上，另外包含生物經濟學方面的模擬跟演算也是比較特別的部分。藉由這次會議了解歐洲循環經濟的發展狀態與趨勢，更新全球研發新技術，跟上世界的脈動，使本身的研究更能與時俱進，幫助公司向全球化推進。會議行程簡列於下：

表一、會議行程與時間表

日期	詳細工作內容
107.09.15	啟程 (台灣嘉義 → 桃園機場 → 土耳其伊斯坦堡轉機)
107.09.16	抵達會議地點 (土耳其伊斯坦堡→西班牙巴塞隆納機場) 參加第二屆生物資源技術國際會議 (BIORESTEC 2018) 17:00 報到後準備海報論文發表事宜 17:30 ~ 19:30 海報論文發表 (西班牙錫斯特)
107.09.17	第二屆生物資源技術國際會議 (BIORESTEC 2018) 8:00~19:00 10:00 ~ 12:00 海報論文發表 (西班牙錫斯特)
107.09.18	第二屆生物資源技術國際會議 (BIORESTEC 2018) 8:30~22:00 (西班牙錫斯特)
107.09.19	第二屆生物資源技術國際會議 (BIORESTEC 2018) 8:30~14:30 返程 (西班牙巴塞隆納機場 → 土耳其伊斯坦堡轉機)
107.09.20	返程 (土耳其伊斯坦堡轉機 → 台灣桃園機場 → 嘉義)

## **2.1 BIORESTEC 2018 會議中發表四篇海報論文**

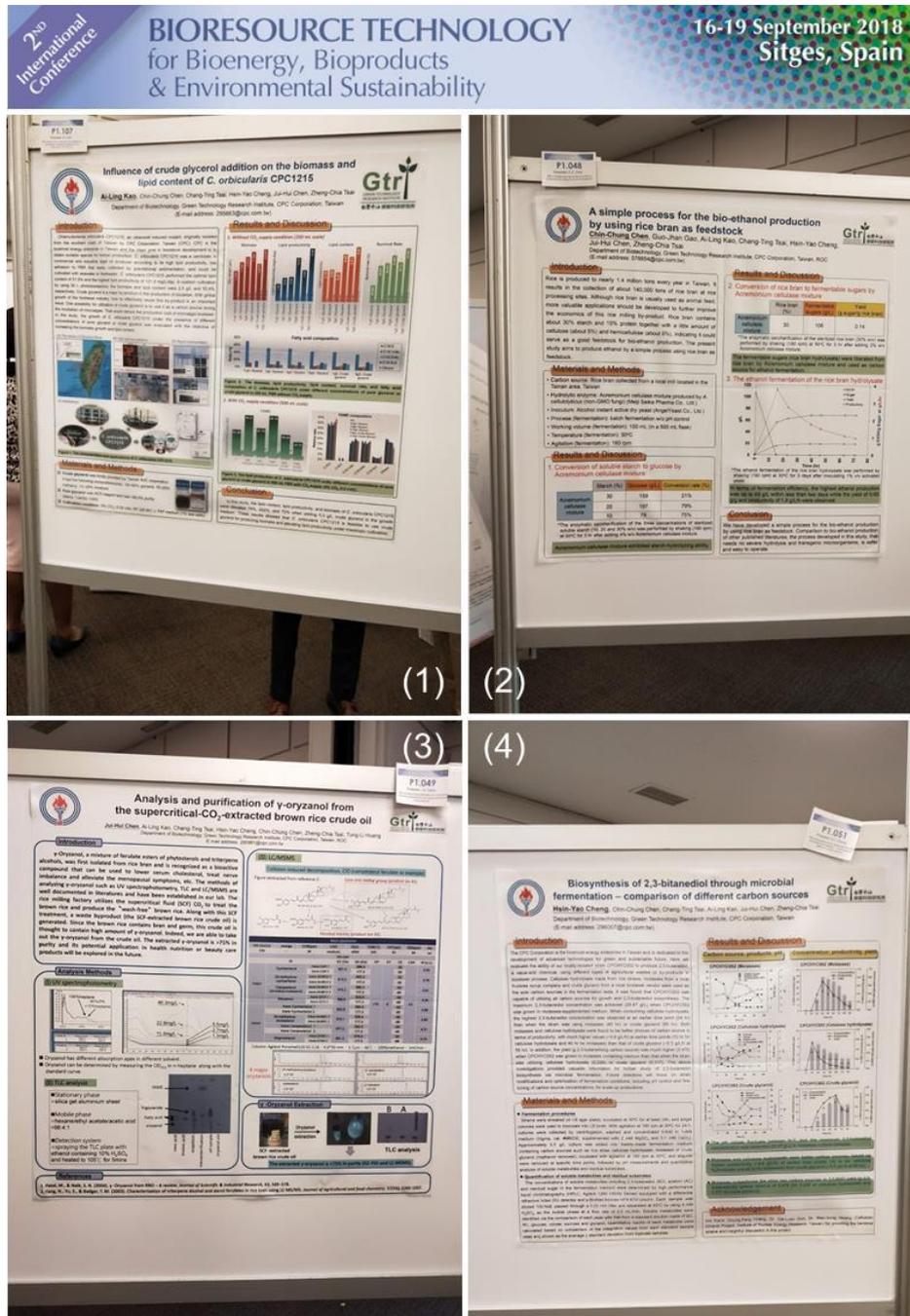
到達會場即積極準備海報論文發表事宜，本次代表綠能所生物科技組發表四篇海報論文，如圖一所示，題目分別為 (1) 專利微藻 CPC1215 於生質柴油副產物甘油減廢之應用：Influence of crude glycerol addition on the biomass and lipid content of *C. orbicularis* CPC1215，(2) 玄米皮酒精生產：A simple process for the bio-ethanol production by using rice bran as feedstock，(3) 玄米皮穀維素純化與分析：Analysis and purification of  $\gamma$ -oryzanol from the supercritical CO<sub>2</sub>-extracted brown rice crude oil，(4) 微生物發酵產 2,3-丁二醇應用：Biosynthesis of 2,3-bitanediol through microbial fermentation – comparison of different carbon sources。發表期間各國學者前來詢問本公司相關技術並交換意見與討論（見圖二與圖三），也藉此機會介紹公司相關業務與綠能科技研究所發展概況，專利微藻 CPC1215 應用技術發展較完整，詢問度也較高，大家對一種微藻可以自來水與海水養殖非常好奇，另在不同養殖條件下可以產出不同高價物質很感興趣，並帶有 CPC1215 超臨界萃出液做成的精華液供大家試用，現場覺得很新奇，對於可以商業化的技術留下深刻印象。微藻養殖、光反應器設計、油脂累積、轉酯化反應、高價化合物萃取等相關發表計有 40 多篇，微藻相關研究尚為國際主流，在歐洲偏重於廢水處理、甲烷生產、熱裂解等研究。

本次會議中纖維素酒精與木質素利用也有許多相關發表，使用麥稈製作生質燃料的研究發表共有 6 篇，會議期間印度與日本學者詢問我們的玄米皮 (rice bran，米糠) 是指哪個部位，我們酒精發酵使用的酵素比例與產率等等問題，當場竭盡所能介紹，並說明我們的製程特點是簡單快速 2 天內即可完成發酵，酒精產率高 69g/L，希望對我們的實驗成果有任何建議或進一步洽詢，歡迎寄到第一作者信箱交流。

二元醇類與天然物萃取相關研究在本次會議中較少看到，2,3-bitanediol (丁二醇) 與  $\gamma$ -oryzanol (穀維素) 沒有相關研究。丁醇研究相關有一個智利 Pontificia Universidad Católica de Valparaíso，Gentina, G. Aroca 團隊發表三篇論文，整體而言根本組過去研究方式相似。天然物萃取以蔬果廢棄物中多酚類物質萃取為發表主軸共計三篇論文發表，論文中所用抗氧化物質分析方法與本所自行建立之抗氧化能力篩選平台相似（圖四）。

**整體而言各國學者對於我們是台灣石油公司，於生質能源與循環經濟中副**

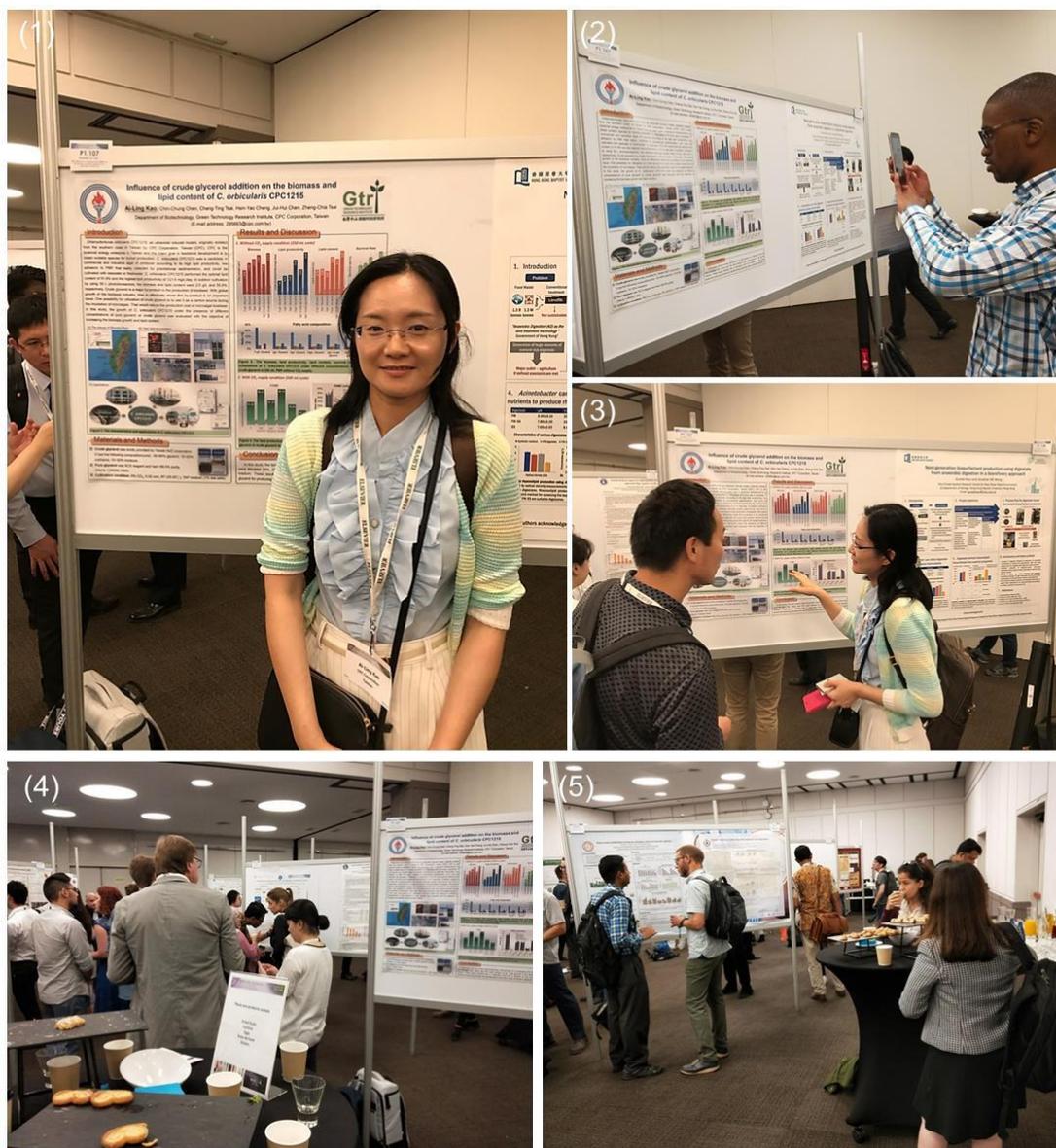
產物再利用的研究成果給與高度評價，尤其對於微藻研究可以取得日本專利印  
象深刻。



圖一、2018.09.16 BIORESTEC 2018 海報論文發表

- (1) Influence of crude glycerol addition on the biomass and lipid content of *C. orbicularis* CPC1215
- (2) A simple process for the bio-ethanol production by using rice bran as feedstock

- (3) Analysis and purification of  $\gamma$ -oryzanol from the supercritical CO<sub>2</sub>-extracted brown rice crude oil
- (4) Biosynthesis of 2,3-bitanediol through microbial fermentation – comparison of different carbon sources



圖二、海報論文發表現場實況

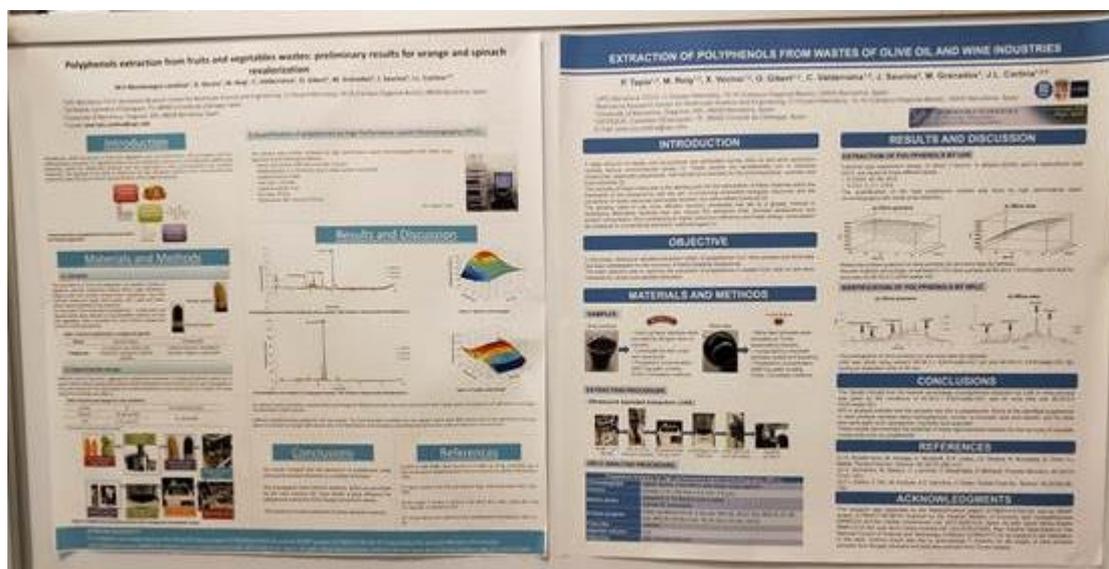
(1) 發表論文合影；(2)(3) 向各國學者介紹論文內容與交流情形；(4) 大會最佳海報論文評選情形，灰色西裝外套為評選委員已詢問過我們的海報論文，繼續評選下一篇；(5) 現場各國學者交流情形，期間有學者詢問到本公司生質柴油製程中，如何進行脫水與轉酯化，效率如何，有進一步就台灣生質柴油政策向學者們說明，並解釋現階段公司發展生質能的方向為高值化。



圖三、海報論文發表現場前來交流意見之各國學者名片

交流期間與日本 Aikawa 博士有較長時間討論與交換意見，討論到日本現今微藻生質能現況，因要達到 2020 年東京奧運，生質燃料至少 20% 添加的生質需求，日本政府早期投入大量經費在微藻生質能研發，但微藻生質能製程中去水與轉酯化花費能量過高，雖然含油率高但含水量也高，轉酯前與轉酯後精煉所需成本龐大，在國際油價跌至每桶 100 元美金以下的情形很難發展，再者

日本保健食品市場對微藻產品接受度高，微藻藻體在日本生產人力成本偏高的情況下，比較適合做高價食品或保健食品。



圖四、天然多酚萃取相關海報論文

## 2.2 BIORESTEC 2018 海報論文中與現行研究相關的議題

### 1. 玄米皮蛋白

海報論文中有一篇是關於玄米皮（米糠）蛋白研究 Rice bran as a source of high value protein-based products，由哥倫比亞 Y.A. Rodríguez-Restrepo 等人發表，該研究做法為使用乙醇或己烷以 1：3（wbran / vsolvent）作為溶劑和不同提取時間（1 和 2.5 小時）將玄米皮脫脂，進一步利用調整 pH 4 ~9 值利用等電點沉澱取得粗蛋白質，進一步使用來自牛胰蛋白酶，使用比例為 1 (酵素)：100 (沉澱物)，以獲得具有潛在生物活性的水解蛋白質來增加玄米皮的產值。結果顯示，80% 乙醇加上 2.5 小時攪拌的是脫脂玄米皮的充分條件，產率為  $71.73 \pm 0.00\%$ 。蛋白質提取的產率為  $42.33 \pm 0.76\%$ 。此外，結果顯示酵素水解度產率為  $5.42 \pm 0.06\%$ ，並測試所獲得的水解產物具有抗氧化能力藉由自由基清除，與降高血壓能力藉由對 ACE (angiotensin converting enzyme) 酵素抑制能力。

本組自 105 年起研究素材為玄米皮高值化利用，蛋白部分著重在玄米皮酵素脂肪酶 (lipase) 相關研究與應用，且已開發出清潔用品如洗衣精、衣領

精、洗顏粉等產品。玄米皮蛋白在中國相關研究自 1996 年即開始有相關報導，目前人們對於植物蛋白的需求不斷增加，因此從玄米皮中尋求新的植物蛋白資源具有重要的意義也受國際矚目。玄米皮蛋白的營養特性為均衡的胺基酸組成，尤其是必需胺基酸組成與比例符合人體的需要，表二說明玄米皮蛋白質必需胺基酸的種類齊全，且與其他穀物蛋白相比，玄米皮蛋白的白胺酸、甲硫胺酸、異白胺酸含量較高，玄米皮蛋白胺基酸比例接近 FAO/WHO 建議必需胺基酸平均需要量，這補償了穀物蛋白中離胺酸不足的缺陷，提高了玄米蛋白的營養價值，玄米皮蛋白研究已近二十年，台灣自 101 年起農委會也大力支持農業副產物玄米皮的高價利用研究，但因玄米皮蛋白萃取後產生不愉悅的氣味，萃取過程存在破壞營養素、產生不良氣味、環境污染等問題，在商業上缺乏成功的產品<sup>(1)</sup>，故本組著重在特殊酵素的萃取與純化，未在營養功能性蛋白萃取這塊著墨。但因萃取技術發展，有文獻中顯示二氧化碳溶劑超臨界萃取，這種萃取方法是低溫加工，可提取出品質較好的玄米皮蛋白，無溶劑殘留。但是，設備一次性投入較大，因為在高壓力狀態下進行萃取，生產能力有限成本高。因本組今年度購入生質素材超臨界二氧化碳萃取設備，未來也許可嘗試突破這方面的研究瓶頸。

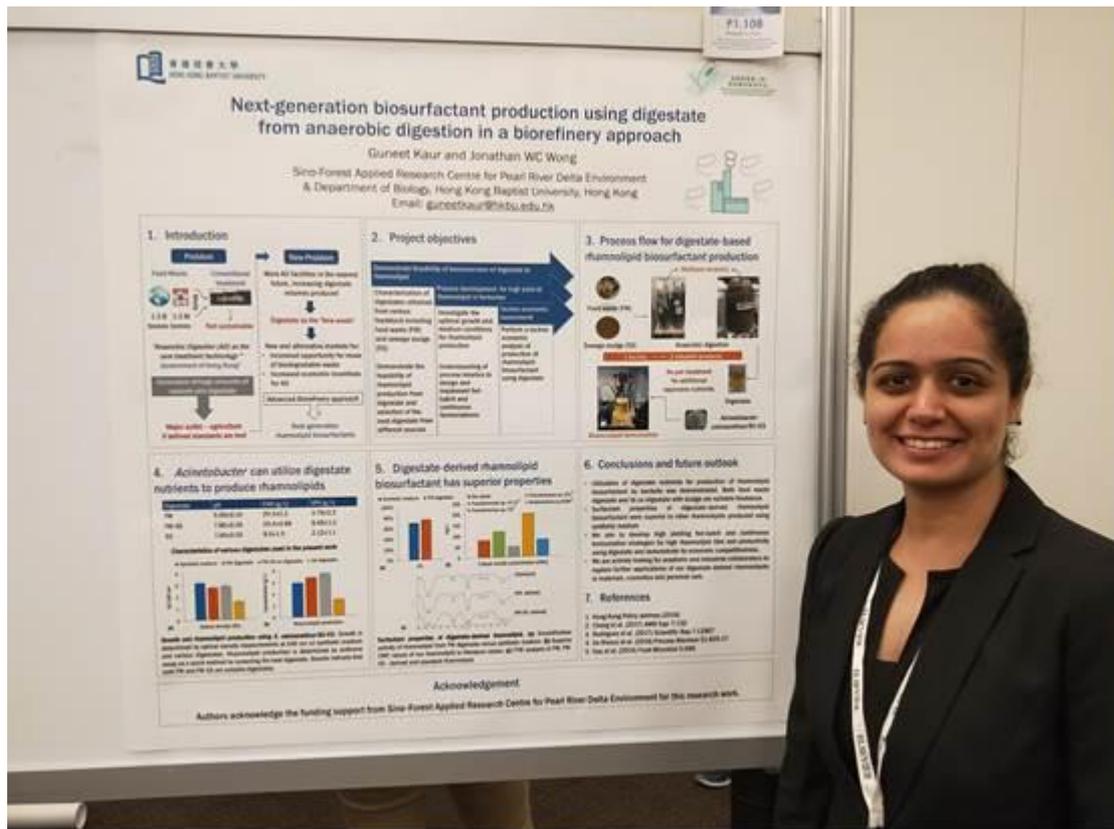
表二、幾種穀物蛋白和雞蛋蛋白中必需胺基酸組成(g/100 g 蛋白質)<sup>(2)</sup>

必需胺基酸	FAO/WHO 推薦模式	玄米皮蛋白	白米蛋白	雞蛋蛋白	玉米蛋白	小麥蛋白
白胺酸	7.0	8.4	8.2	9.3	14.6	6.8
離胺酸	5.5	5.8	4.0	5.6	2.0	2.5
纈胺酸	5.0	5.5	5.8	6.8	5.7	4.2
息寧胺酸	4.0	3.9	3.5	5.2	4.1	2.9
色胺酸	1.0	1.6	1.7	1.6	0.6	1.3
異白胺酸	4.0	4.5	4.1	5.0	4.2	3.6
半胱胺酸 +	>3.5	3.9	3.9	6.3	3.0	3.8
甲硫胺酸						
苯丙胺酸 +	>6.0	11.1	10.35	5.6	8.4	7.9
酪胺酸						

## 2. 生質界面活性劑

106 年我們積極配合本公司油品行銷事業部需求，進行加油站坐式馬桶相關 ”馬桶座墊清潔劑” 產品開發，負責配方改良、驗證、試製生產安排等準備，在 106 年 5 月進行第一批次試製，後根據現場建議在 106 年 7 月改良

配方後進行第二批次試製，現場反應良好，依據計畫未來要將配方改良至更綠色環保採用生質界面活性劑與生質酒精。因此，特別關注生質界面活性劑研發現況，在會議現場，關於生質界面活性劑發表只有一篇，現場詢問度高，題目為 *Next - generation biosurfactant production using digestate from anaerobic digestion in a biorefinery approach* (圖四)，作者為香港淨會大學助理教授 **Dr. Guneet Kaur**，親自介紹她的研究成果，微生物使用各種不同碳源代謝生產出生質界面活性劑，其是具有兩種親和性的表面活性分子，與傳統石化來源界面活性劑相比具有很多優勢，如生產原料來源廣、界面活性高、乳化能力強、起泡性好、能被生物降解、環境友好、生物相容性佳及不致敏和可消等優點。因此生質界面活性劑使用更安全且對人體及環境影響最小。鼠李糖脂 (rhamnolipid) 是最常見、研究最廣的糖脂類生質界面活性劑，它具有優異的界面活性，對人體皮膚刺激性小，對角質層滲透力強。但生質界面活性劑與傳統石油來源界面活性劑相比，生質界面活性劑生產成本高·高成本直接限制了產品應用範圍，因此降低生產成本是生質界面活性劑研究開發的主要努力方向<sup>(3)</sup>，**Dr. Guneet Kaur** 研究方向為，使用政府廚餘處理系統中食物殘渣與厭氧發酵製程 (AD) 回收甲烷後殘渣，厭氧發酵殘渣中富含微生物生長所需營養源，可作為該實驗室特別篩選出微生物 *Acinetobacter calcoaceticus* BU-03 生產鼠李糖脂所需碳源。這個研究特點為 (1) 沒有添加任何昂貴的礦物質、氨基酸、生長因子或鹽 (2) 沒有料源預處理或純化步驟。研究結果顯示，厭氧消化處理產物可以成功地用於生產鼠李糖脂，且產率優於食物殘渣。通過簡單的培養和提取方法獲得了鼠李糖脂，在 36 小時內產量約為 400mg / L。本研究中鼠李糖脂界面活性劑效能評估結果顯示，界面活性劑形成微胞所需的界面活性劑的最低濃度，稱為臨界微胞濃度 (CMC) 為 80 mg / L 和乳化能力 > 75%。使用厭氧消化產物作為下一代鼠李糖脂的新型廉價原料生產有很大的希望。進一步詢問，其研究尚在實驗室階段 500 mL scale 的等級，再現性部分也尚未驗證，鼠李糖脂也是初步純化，尚未達一般產品純度，應用性方面也尚未驗證，對於市面產品生產與成本概念也尚未掌控。進一步放大量後，產物純化會是很大的挑戰，且因鼠李糖脂是面上最常見產品，已有多家廠商投入生產，生產成本不一並比得過市面產品，這是很多研究學者未思考的一塊，也是我們產業在看到新穎技術後，要審慎評估驗證的工作。



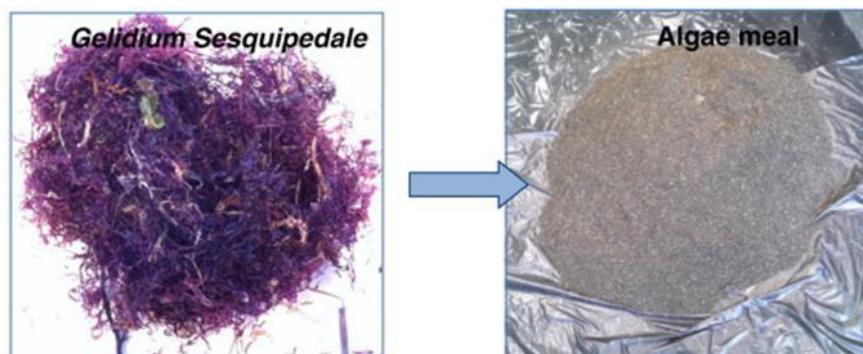
圖五、使用生質精練過程中厭氧發酵殘渣生產新一代生質界面活性劑

此研究整體概念是很有趣的，也激發新的思考方向，未來我們可嘗試利用副產物，如玄米皮作為料源，找到合適微生物代謝生產生質界面活性劑，研究突破點為可以比現行市面產品生產成本低，有商業化價值，此外台灣也有一些不錯的研究成果，也可引進驗證。另一想法為開發新型生質界面活性劑，界面活性劑為具備親水端與親油端之長鏈型化合物，其上游原物料來自天然油脂，油脂再經由化學反應形成烷基苯與脂肪酸等碳鏈較長之中間體，最後分別與帶不同官能基的化合物反應，形成各種不同之界面活性劑，如本組研究素材玄米油，文獻中也會用來生產生質界面活性劑。也有從天然物中直接分離出來之界面活性劑，都是我們可以努力的方向。

### 3. 紅藻工業廢棄物生產水熱產物 (hydrochars)

這篇海報論文係利洋菜 (Agar-Agar) 工業的紅藻廢棄物 (Algae meal) 利用熱裂解方式製作水熱產物 (hydrochars) 見圖六，藉由此方式減少“Gelidium Sesquipedale”的廢棄物作為廢棄物處理之費用，並衍生高附加價值。西班牙北部洋菜 (Agar-Agar) 工業為世界上最大的洋菜生產商之一，每天產生

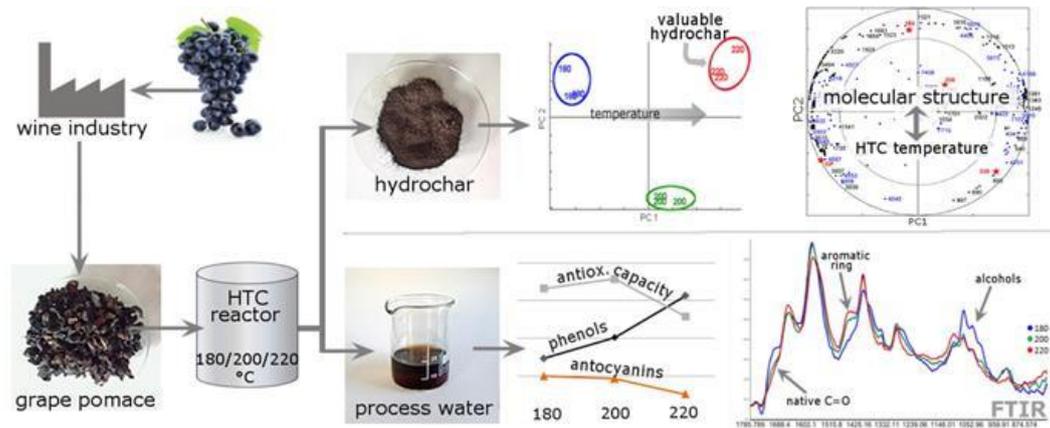
2000-2400 公斤 Algae meal，一部分廢棄物用於飼料和肥料，其中大部分是通過垃圾填埋處理的。因此，全面合理地利用這些廢物將帶來可觀的經濟效益。



圖六、左圖為紅藻 “*Gelidium sesquipedale*” 右圖為洋菜工業廢棄物。<sup>(4)</sup>

“水熱產物 hydrochar” 有別於生物炭 (biochar)，近年將乾式生質廢物熱解處理後產生生物炭，可作為再生燃料或土壤改良劑，已被證明是有用的廢物方式管理。然而一些生質廢物的含水量高，如洋菜工業中紅藻廢棄物在熱解處理之前，若不使用乾燥步驟就無法生產生物炭。為了這原因是，含水量高的生物質可採用水熱碳化 (HTC, Hydrothermal carbonization) 處理而生成 hydrochar，如下圖七中製酒產業葡萄渣的轉化利用。一般來說 HTC 通過施加適度溫度 (180-250°C)、飽和壓力下、數小時、與水存在下轉化成生物質 hydrochar 的煤狀材料。目前研究主要目的是以 HTC 處理 *Gelidium Sesquipedale* 生物質廢物獲得生成 hydrochar，並比較其特性。首先比較處理時採用不同溫度 (200°C 和 230°C)，不同處理時間 (2 小時和 6 小時) 的紅藻 hydrochar，HTC 處理導致具有微酸性 pH (6.04-6.68)，高陽離子交換容量 (114.79-122.18 mmolc / kg) 和提升 POlsen 含量 (1673-3385mg / kg)。生物質廢棄物中含有高量易氧化的碳，經 HTC 處理後紅藻 hydrochar 顯示出最高的熱穩定性和最低的 H / C 和 O / C 比。研究結果顯示以 HTC 處理 *Gelidium Sesquipedale* 生物質廢物獲得生成 hydrochar 可作為有機土壤改質劑。

利用永安天然氣接收站冷排水養殖藻類為本所環保科技組重要成果，今年本組本著生物科技專業，參與藻類高價活性物質研發，已利用無溶劑萃取方式取得紅藻海木耳萃取液，並進一步將萃餘物用於多醣生產，剩餘固型物還占 75% 左右，成分為去除油性與可溶性醣類成分，與洋菜工業中 algae meal (去除可溶性醣類) 組成相似，可嘗試本研究結果，利用水熱碳化 (HTC, Hydrothermal carbonization) 技術，製做 hydrochar 使用。另也可考慮玄米皮 (米糠) 高價物質萃餘物或發酵殘渣，可利用此技術進一步處理利用，唯須考量成本問題。



圖七、紅酒產業中葡萄渣的水熱產物 hydrochar 製備。(5)

## 2.3 BIORESTEC 2018 特邀講者

本次會議由會議主席 Ashk Pandey 在 9 月 17 日 8:30 進行開場致詞 (圖八左)，並介紹特邀講者 (圖八右)，本次六位特邀講者中，台灣代表為國立成功大學講座教授 張嘉修教授，以下就感興趣的講題進一步介紹。



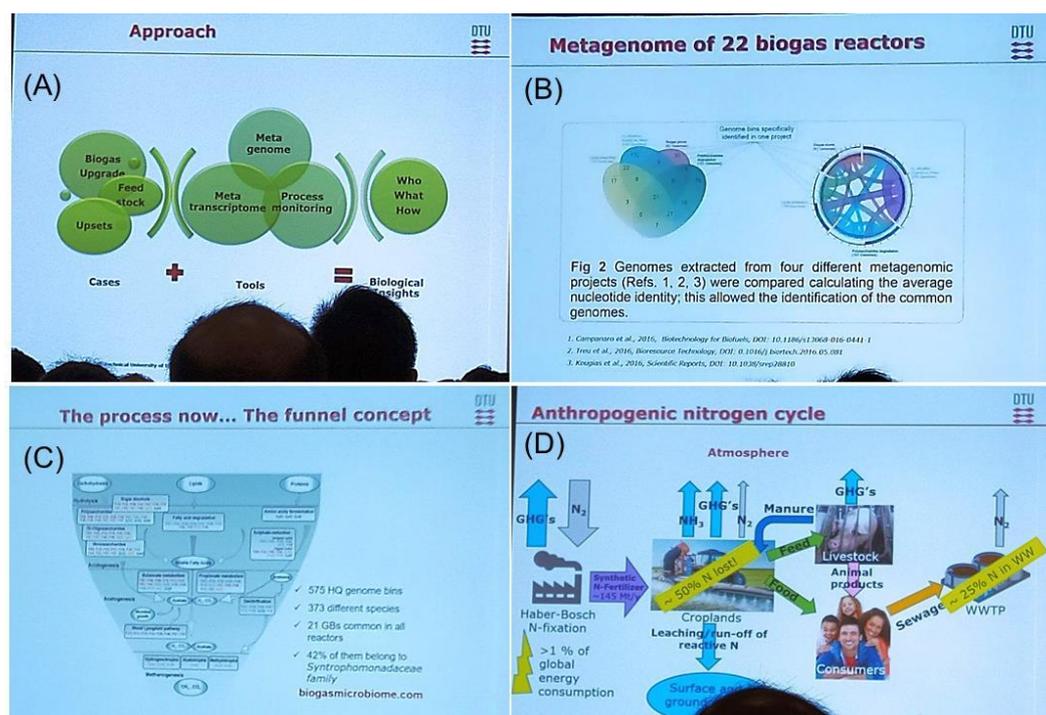
圖八、BIORESTEC 2018 開幕典禮 (左) 與特邀講者 (右)

1. 主題：生物經濟研究中利用生物工程作為廢棄物循環利用的工具  
(Bioengineering as tools for upcycling of wastes and residues in an bioeconomy approach)

特邀講者 **Irini Angelidaki (IA)** 博士來自 TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK 丹麥科技大學，是丹麥培養高級工程技術人員的主要學府，是歐

洲卓越理工大學聯盟、北歐五校聯盟成員之一，北歐工程類排名第二。IA 在生質燃料（沼氣，生物氫，生物乙醇）生產，厭氧處理最適化、有機廢棄物、和廢水處理方面擁有廣泛的專業知識。她擁有 300 多種科學出版物（177 份以上 ISI 出版物）；5 項以上專利。擔任 3 個國際生物技術/環境期刊的編委會成員。她曾在多個丹麥國內和國際委員會任職，並與一系列組織和研究機構合作。在過去的 20 年裡，她大量參與了歐盟和國家資助的計畫。

Irini Angelidaki 本次演講主題在利用總體基因體學 (Metagenomic) 與基因體工程改造微生物，將甲烷相關的代謝基因轉植入大腸桿菌或其他物種中，利用生活汙水作為微生物生長的氮源來生產甲烷 (圖九)。檢要來說 IA 直接取得產生沼氣的土壤中所有遺傳物質，進一步利用生物資訊工具進行分析比對分析，可比較不同環境土壤中遺傳物質的組成情形，再利用基因工程，將甲烷生成基因體轉入目標微生物中表現。已跟汙水處理廠合作，進行 Pilot 等級測試，未來想利用甲烷生產菌生產可食用蛋白質。



圖九、利用生物工程改變代謝途徑生產歐洲生物經濟的主角甲烷氣

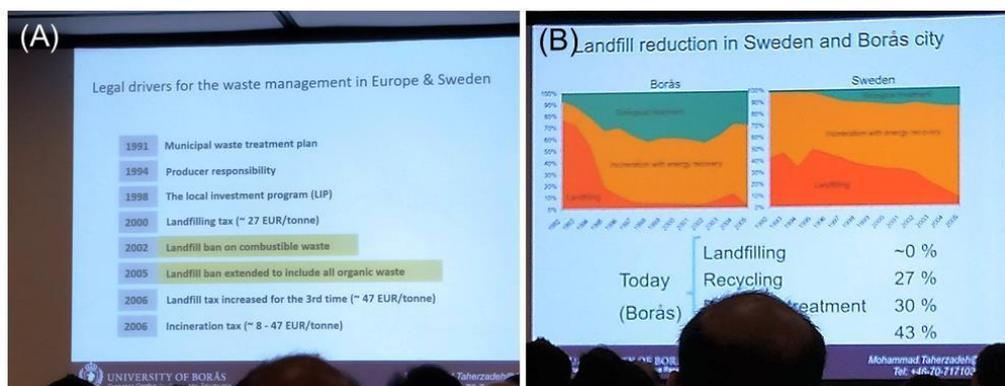
## 2. 主題：資源回收與零廢棄物：瑞典觀點

### (Resource recovery and zero wastes: A Swedish perspective)

特邀請者 **Mohammad Taherzadeh** 博士來自瑞典 University of Borås，專注在廢棄物再利用，纖維酒精、生質材料、食品工業副產物再利用等，他擁有 238 篇以上論文發表；5 項以上專利申請。

Taherzadeh 教授介紹瑞典成功的資源回收案例，瑞典每年真正進入掩埋場的垃圾量，占總量不到 1%，其他 99% 半數都拿去回收，另外一半進了焚化爐轉換成電熱能。首先是法律上，提高垃圾掩埋課稅至 8~47 歐元/噸 (圖十 A)，瑞典每年家庭垃圾產量達 440 萬噸，其中有 220 萬噸都透過焚燒過程，稱 WTE (waste-to-energy) 轉成能源。在此之前，會先進行垃圾分類，分成金屬、燈泡、電池、有害廢棄物、以及可回收物質如報紙，有些可回收，有些就進入焚化爐，剩下一小部分才進入掩埋場。由於回收率高，可焚燒的垃圾還不夠用，每年還特地從挪威進口 80 萬噸垃圾，未來還要進口更多。重點是瑞典人民對自己國家焚燒垃圾這麼熱衷也沒有意見，因為他們相信瑞典官員說的，垃圾發電廠的廢氣，比廚房與烤肉造成的環境危害更低。根據 **Wired** 報導，瑞典焚化爐的廢氣排放內容，已經可以透過層層過濾，清除大部分有毒物質，目標是讓排放出的氣體只剩二氧化碳與水，剩下殘渣再送去掩埋。挪威付錢給瑞典焚燒垃圾，但要自己負責回收殘渣。<sup>(6)</sup>

進一步加強分類，使回收物能確時再被利用，不同廢棄物交由不同公司處理，如圖十 C 廚餘的分類就很仔細，這部分令我想起慈濟回收寶特瓶做塑膠纖維的例子，慈濟動員大量志工處理回收時標籤瓶蓋得去除，使保特瓶身乾淨可以再被利用，回收資源的回收處理費用占成本比例最高，瑞典成功說服她的人民仔細做好分類，降低此部分成本，值得各國學習。在西班牙的路上也常看到各式各樣的回收箱 (圖十 D)。





圖十、瑞典的零掩埋回收成果

### 3. 主題：以微藻為平台實踐循環經濟理念

#### (Circular economy concepts and practice using microalgae as the platform)

特邀請者張嘉修講座教授，來自國立成功大學，專注在生化工程、生質能源、生物精煉、微藻工程與科技、環境生物技術、應用微生物等，具有多次獲獎紀錄，包括科技部(國科會)傑出研究獎三次、第 23 屆東元獎 (2016)、第十三屆有岸科技講座 (2015)、李國鼎榮譽學者 (2015)、美國醫學暨生物工程學會會士 (Fellow, American Institute of Medical & Biological Engineering, AIMBE) (2015)、台灣中國工程師學會傑出工程教授獎 (2015)、侯金堆傑出榮譽獎 (2014)、科技部創新創業激勵計畫(FITI)『創業潛力獎』(2015)、國際發明競賽獲獎：2014 年第 8 屆波蘭國際發明展暨發明競賽金牌獎; 2014 年第 17 屆俄羅斯國際發明展 (Archimedes) 金牌獎; 2013 捷克國際發明展銅牌獎 (INVENTO Prague 2013 Award)、台灣化工學會頒發之學術獎項：化工傑作獎 (2008, 2014); 傑出論文獎 (2010); 石延平教授獎 (2008); 賴再得教授獎 (2007)。發表超過 350 篇 SCI 登錄學術期刊論文 (包括 14 篇高度被引用論文(ISI Hi-Ci paper))，40 項以上專利申請，近年將學術成果帶入產業界，再不同國家籌備成立三個新創公司。張 教授陸續承接本所三個不同類型委託研究案，與我們保持密切合作關係。

微藻是快速生長的光合微生物，具有減低二氧化碳排放的能力，可有效地去除水質系統中的氮和磷。一些特定的微藻物種也能夠在異養或混養營養條件下將廢水的化學需氧量 (COD) 降低。使用微藻進行廢水處理的主要優點主





圖十一 微藻於循環經濟中的應用實例

4. 主題：養豬廢水的生物質及其轉化為生物能源的有效應用

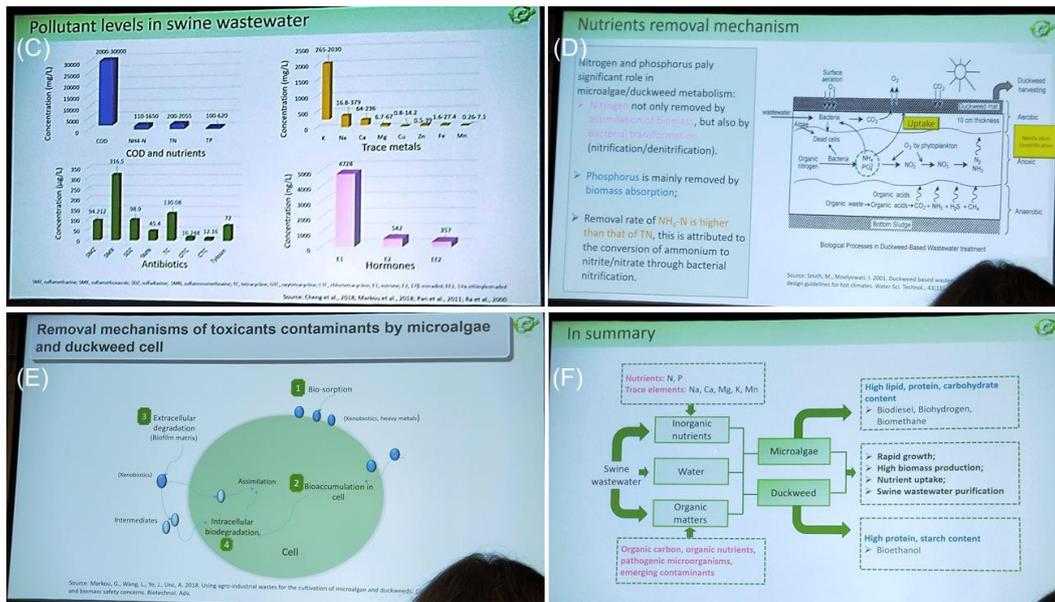
**(Biomass from swine wastewater and its conversion to bioenergy for effective application)**

特邀請者 Huu Hao Ngo 教授，來自澳大利亞雪梨科技大學 (University of Technology Sydney, UTS)，為澳洲最大的綜合性政府公立大學之一，2016 年 QS 綜合排名位列澳洲第 9 位，Ngo 博士目前是環境工程教授，並擔任水和廢水技術中心副主任，保護基礎設施技術和環境綠色生物過程聯合研究中心聯合主任，悉尼科技大學工程與信息技術學院土木與環境工程學院。他被正式當選為國際生物加工協會 (IBA) 的研究員和首席研究員，並擔任 IBA 理事會成員。他還擔任 IWA 替代水資源工作組 (中國) 的管理委員會成員；世界協同膜生物反應器中心聯合主任；國際城市替代水資源開發國際科技合作中心學術委員會名譽副主席，同時也是眾多大學的名譽嘉賓/兼職教授。發表 517 篇期刊論文，其發表在 Science of the Total Environment 的文章 A review on the occurrence of micropollutants in the

aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment 被引用了 1132 次，他們的研究成果提供廢水處理相關領域的人對為污染物的了解，及去除方法的討論。

Ngo 教授演講中提到養豬廢水再利用遇到的問題，是在豬隻養殖過程會使用大量抗生素、賀爾蒙、營養劑，造成廢水中殘留抗生素、重金屬、賀爾蒙、營養劑、有機污染物，全球廢水以農業廢水占 32% 工業廢水 29% 城市廢水占 8%，養豬廢水全球以中國最多，其次是歐盟再來是美國，其利用，水生生物，如微藻和浮萍是生產富含蛋白質的生物質，和許多高價化合物如脂肪酸，色素，維生素等的極佳來源。使用養豬廢水進行的微藻與浮萍的栽培在循環經濟的背景最近非常熱門，不僅用於回收有價值的營養物，而且用於減少用於生產生物質的淡水的需求。營養物質的回收和再循環是確保未來食品和飼料生產的不可避免的長期方法。養豬廢水富含營養，並被廣泛認為是培養微藻/浮萍的潛在營養源。然而，它們通常含有各種有害污染物，可能會污染生產的生物質，引起對其消費安全的各種擔憂。在此，給出了最重要的污染物的概述，包括重金屬和類金屬，病原體（細菌，病毒，寄生蟲等）和異生素（激素，抗生素，殺寄生蟲劑等）。可以得出結論，養豬廢水的預處理是去除多種污染物的必要步驟。在各種技術中，厭氧消化（AD）被廣泛使用，並且為養豬廢水處理提供了技術上成熟的方法。在 AD 期間顯著去除了各種有機和生物污染物。通過後處理和消化物處理可以進一步去除污染物（固/液分離，稀釋等）進一步降低污染物濃度。此外，在培養期間，可以通過各種機制進行額外的去除，例如沉澱，降解和生物轉化。由於許多司法管轄區規定了飼料或食品中各種污染物的存在，並製定了嚴格的安全監測程序，因此開展多學科討論尤為重要，是否可使用養豬廢水來培育用於飼料或食品的微藻或浮萍，根據目前的了解，估計 AD 與廢水後處理步驟可顯著降低與重金屬和病原體相關的風險，尚無法確定其他污染物 (xenobiotics) 是否存在。





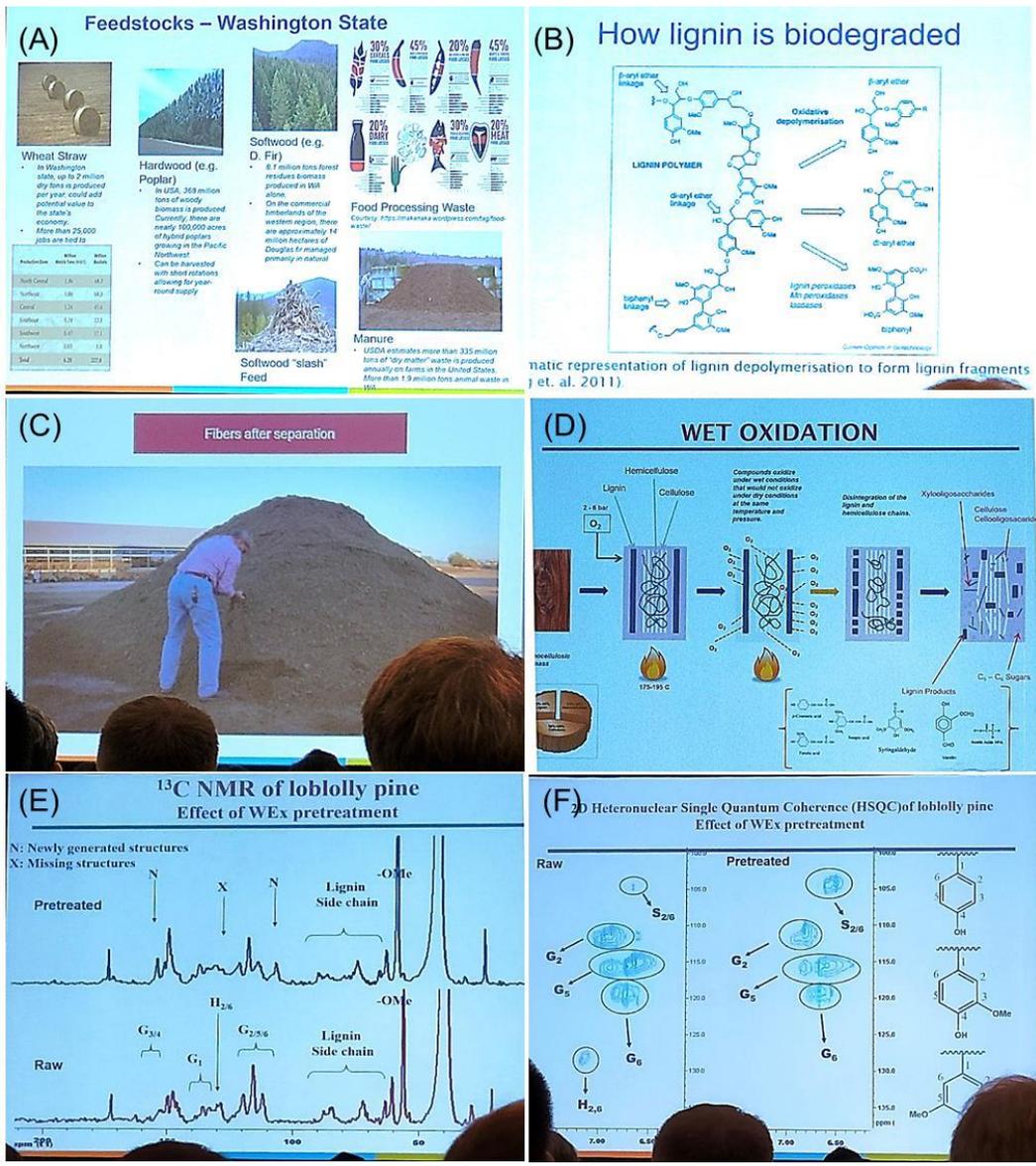
圖十一 利用處理過的養豬廢水進行微藻與浮萍養殖

## 5. 主題：木質素生物厭氧分解：結構性修飾的影響

### (Anaerobic biodegradation of lignin: New understandings of the influence of structural modifications)

特邀講者 Birgitte K. Ahring 教授，現為華盛頓州立大學（Washington State University）化學工程暨生物工程學系教授，致力於將生物質轉化為生物燃料和高價值的生物產品。她的專業知識廣泛，從生物轉化的全部生物精煉設備擴展到生物質轉化，包括預處理，生物生產和生物物催化劑的分子定制，以及將平台分子分離和催化成燃料和化學品。目前，她使用新的生物概念參與航空燃料的生產，她的研究小組一直從實驗室概念證明活動到新概念的中試規模測試。生物質轉化通常從預處理開始，Ahring 教授研究重點為濕爆（WEx）預處理，這是一種高效的熱化學工程，與其他技術相比，它不使用轉化過程中的化學物質。在過去的 5 年中，Ahring 教授的團隊已經證明，這項技術不僅適用於稻稈，稻殼，甘蔗渣和空果串等農業殘留物，而且還可用於預處理木質殘留物（硬木和軟木）。最近已經證明該方法對於森林砍伐，即所謂的生質燃料的預處理是優越的。迄今發表超過 322 篇期刊論文，6 篇以上論文被引用 500 次以上，在纖維素料源預處理上為知名學者。

木質纖維素生物質是地球上最豐富的有機生物聚合物，有潛力取代現今無法再生的能源和化學品。在自然界中，木質素是植物支持組織中形成重要的結構材料，木質素在細胞壁的形成中是特別重要的，特別是在木材和樹皮中，因為它們賦予剛性並且不容易腐爛。在化學上，木質素是交叉連結的酚聚合物。維管植物的木質部（一種負責運水和礦物質的構造）含有大量木質素，使木質部維持極高的硬度以承拓整株植物的重量。主要為植物的內部輸送水分與營養素必需的提供機械支撐和剛性，並提供保護，以抵禦環境壓力和害蟲。由於其結構和應用，木質素極不易被解聚和降解，通常需要極端的熱化學條件或催化劑作用。木質素的轉化被認為是生物精煉廠所面零的重要問題，旨在有效地將生物質轉化為燃料和化學品。木質素在有氧條件下被微生物降解為主要分解方式（圖十二 B）。白腐病和褐腐病真菌分泌細胞外氧化酶，包括漆酶（Lac），木質素過氧化物酶（LiP）和錳過氧化物酶（MnP），即通過它們對木質素溶液的作用進行有效的生物降解。具有高氧化還原電位的強氧化劑如 LiP 能夠氧化木質素中非酚類結構，而同時負責催化木質素中酚結構是由 MnP 擔任。另一方面，木質素的厭氧降解（AD）是緩慢且無效率的，主要生質廢棄物處理還是以 AD 進行產生甲烷（沼氣）來再利用，木質素難分解的特性，導致木質纖維素含量高的原料（例如牛糞和稻草）在生質廢棄物厭氧處理時轉化受限制。然而，一些化學解聚處理可以導致木質素結構修飾，而促進厭氧生物降解。金屬催化劑輔助旨在降低木質素解聚時所需活化能，如 Cu，Pt，Ni 或 Fe，可以在較低溫中反應，並含有相對較高產物選擇性。先前對紅球菌（*Rhodococcus opacus*）DSM 1069 的研究顯示出，經氧預處理後牛皮紙木質素顯著降解反應，主要藉由在該反應過程中產出的低分子量芳族片段來降低木質素分解抗性。在我們的研究中小組，我們已成功使用氧氣輔助熱化學預處理，也稱作為濕爆（WEx）預處理（圖十二 D），從而顯著改善了生物降解 AD 期間的木質素。有趣的是我們發現，這種預處理具有轉化 H 型木質素變成的 G-和 S-型木質素能力（圖十二 EF），，因此可產出較不濃稠與更容易被生物降解的木質素。



圖十二、木質素降解採用預氧處理與濕爆法介紹

## 6. 歐盟生物經濟中的創新價值鏈：夥伴結盟的重要性

**(Innovative value chains in the EU Bio-based Economy: It's all about partnerships)**

特邀講者 D. Carrez, 現為 Bio Based Industries Consortium (BIC) 執行董事, BIC 是一家於 2013 年在布魯塞爾成立的非營利組織, BIC 代表私營部門與歐盟委員會建立公私合作夥伴關係 (PPP), 也稱為生物基工業聯合承諾 (BBI JU)。這種公私合作夥伴關係旨在於 2014 年至 2020 年間投資 37 億歐元用於生

物創新，歐盟委員會承諾投資 9.75 億歐元，私營部門投入 27 億歐元。對於每一歐元的公共資金，BBI JU 預計將利用 4.4 歐元的私人財政捐款：在最初的 3 年中，生物基工業報告了 1.92 億歐元的實物運營項目捐款和 19.5 億歐元的額外活動。BBI JU 有助於歐洲的綠色增長，再工業化和農村地區的發展，並有助於向循環和低碳經濟轉型，為生物基產品創造新的市場，並尋求歐洲金融工具之間的協同效應。BBI JU 是一種支持工業研究和創新（R&I）的工具，通過縮小從研究到市場的差距來克服創新的“死亡之谷”。它鼓勵與私營部門建立夥伴關係，以資助和匯集所需的資源，以應對將重大社會變革的新技術商業化所涉及的挑戰。BIC 成員涵蓋整個生物價值鏈，包括大型行業，中小型企業（SME），區域集群，歐洲貿易協會和歐洲技術平台。BBI JU 到 2030 年的生物經濟戰略雄心如下所列：(圖十三)

- ✓ 通過為生物精煉廠的生物質生產，動員和加工創建農村基礎設施，重新工業化歐洲，從而重建欠發達和/或廢棄地區
- ✓ 多樣化和增加農民的收入
- ✓ 在所有層面創造 700,000 個就業崗位，其中 80% 在農村和目前欠發達地區
- ✓ 通過提高生產力和可持續動員，將歐洲的生物質供應增加 20%
- ✓ 促進 25% 未使用來源（副產品和生物廢棄物）的動員和增值，追求“零浪費”生物基操作，隨後完成生物循環
- ✓ 取代歐洲 30% 的化石基化學品和材料生產
- ✓ 通過可持續的先進生物燃料滿足歐洲 6% 的交通能源需求
- ✓ 支持歐洲市場生物纖維和聚合物，如黏著劑，碳纖維，奈米纖維素衍生物和生物塑料快速增長
- ✓ 減少歐盟對化石原料，蛋白質，磷酸鹽和鉀肥進口的依賴
- ✓ 與化石替代品相比，新 BBI JU 生物基產品的溫室氣體排放量（GHG）平均降低至少 50%

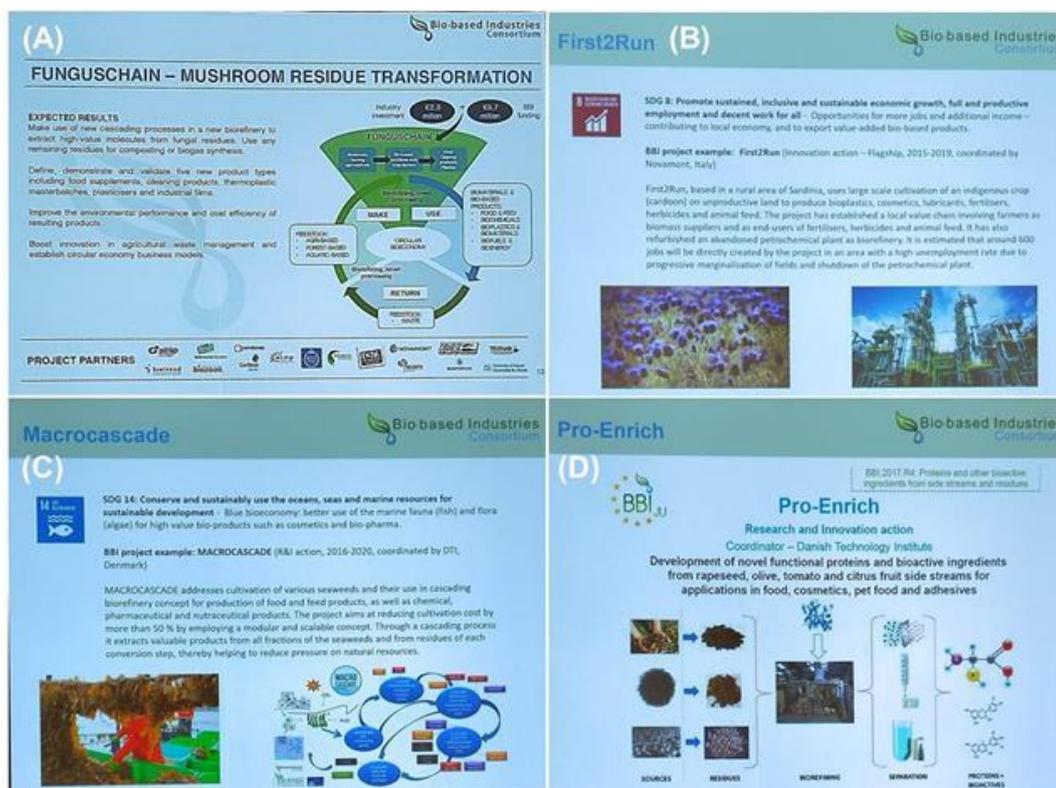
D. Carrez 介紹了幾個 BIC 參與的“生物基工業成功案例”，展示了 BIC 工業成員對歐洲創新生物基項目的投資。他們證明了 BIC 和 BBI JU 在加速生物經濟增長方面發揮的重要作用。在 BBI JU 下，BIC 成員和歐盟合作將高質量的生物基產品商業化。這種獨特的公私合作夥伴關係已經在製造生物基解決方案以及生物精煉研究和示範項目的設施和流程方面進行了大量投資。該案例研究突出了現實生物經濟的發展，展示了 BIC 行業成員利用可再生能源向後石油社會過渡的成功投資。簡單介紹如下：



圖十三 BIC 的營運目標與對歐盟的益處

(A) 歐盟從事生物基產業 (不包含農業/林業/漁業/食品飲料業) 的人口分佈

- (B) 2017 年歐盟生物精煉產業分佈情形，其中以生質材油產業為大宗
- (C) 生物基產業價值鏈，BBI JU 支持生物經濟戰略的機構 PPP 用一些具體的例子描述了 BBI JU 當前和未來的影響。
- (D) 聯合國可持續發展目標 (SDG) 旨在解決與之相關的社會，經濟和環境方面全球挑戰。2016 年 11 月，歐盟委員會發布它關於“可持續歐洲未來的下一步”的溝通是邁向世界的第一步，在歐盟實施可持續發展目標。
- (E) BIC 會員，有許多我們熟悉的大廠。



圖十四 BIC 支援生物基工業成功案例

第一個例子是 FUNGUSCHAIN 磨菇渣轉化計畫 (圖十四 A)，歐洲磨菇養殖業每週產生超過 6 萬噸農業殘留物，自 2016 年 4 月開始為期 4 年，總投資 800 萬歐元。Funguschain 旨在使用創新程序將這些廢物轉化為生物基添加劑，生物塑料和生物聚合物。Funguschain 將使用新型階段式處理 (cascading processes) 從真菌殘留物中提取高價值分子，以滿足食品，清潔和塑料行業的最終用戶需求。使用任何剩餘的殘留物進行堆肥或沼氣合成。該項目將展示建設新生物精煉廠的工業可行性，該生物精煉廠採用具有成本效益的提取技術，並將超過 65% 的磨菇廢物轉化為有價值的添加劑。新產品類型包括食品補充

劑，清潔產品，熱塑性母料，增塑劑和工業薄膜。推動農業廢棄物管理創新，建立循環經濟商業模式。

**第二個例子 FIRST2RUN 用於乾旱作物的綜合生物精煉廠 (圖十四 B)**，一個綜合生物精煉廠的示範計畫，用於將乾旱作物可持續地轉化為生物基材料。自 2015 年 7 月開始為期 4 年，總投資 2500 萬歐元。證明通過建立一個將區域農業部門與新的生物精煉廠相結合的價值鏈，可以開發低投入和未充分利用的油料作物，如乾旱和/或邊緣土地上生長的刺苞菜薊 (cardoon)。作為一家 50/50 合資企業 (JV)，該項目將把 Porto Torres 石化廠改造成一個生物煉油廠，並擁有一個化學中間體的綜合生產鏈。生物精煉廠將對每一部分 (生物質的級聯使用) 進行評估，以生產化學品和動物飼料。Novamont 和 Coldiretti (意大利農民聯合會) 之間達成的協議確保生物煉油廠成為循環經濟模式的核心。預期成績。通過當地農民的參與和支持以及低投入，優化的技術/農藝協議的應用，大規模種植刺苞菜薊 (高達 3.5 公頃)。目標減少化學過程的熱能和電能消耗，分別降低 50% 和 20%。應用可持續，經濟有效和創新的催化和生物催化工藝生產生物基構件 (如壬二酸壬酸和甘油)。生物基壬二酸和壬酸是在一家工廠生產的，每種酸的生產能力高達 10,000 噸/年。批量生產高達 20,000 噸/年的可生物降解酯。溫室氣體 (GHG) 排放量減少 35%。最終產品壬二酸和壬酸 (Azelaic & pelargonic acid)。

**第三個例子 MACROCASCADE 階梯式大型海藻生物精煉廠 (圖十四 C)**，將證明階梯式大型海藻生物精煉廠的概念。這是一個生產平台，涵蓋了將可持續栽培海藻加工成高度加工的增值產品的整個技術鏈。MACRO CASCADE 項目將解決以前和正在進行的海藻生物質精煉項目中遇到的許多現有挑戰和障礙。最終，它將使海洋能夠提供歐洲未來需要的更多食物。自 2016 年 10 月開始為期 4 年，BBI JU 投資 €4,156,356.25。計畫目標在獲得優化的海藻菌株，以提高 *Saccharina Latissima* (*sugerkelp*, *kombu*) 和 *Palmaria palmata* (紅色海藻, *dulse*) 中的目標成分含量。使用一維和二維培養基質改善海藻栽培方式，開發機械收穫，將生物量產量提高 5 倍，並將整體栽培成本降低 50-75%。改進海藻生物質製備和儲存穩定性的方法。發展創新微生物精製方法將大型藻類與油菜籽結合的，開發具有促進健康功能可專利性的飼料和食品。開發可擴展性與可連續操作的提取/分離方法，通過酵素輔助方法從褐藻和紅藻殘留物中生產多種產品。目標中間產物是藻酸鹽，岩藻依聚醣，甘露醇和蛋白質。開

發各種高效且耐用的碳水化合物活性酵素，具備一系列與處理大型多醣相關的特異性。針對飼料，食品，藥品，化妝品和化學品的高價值產品是藻酸鹽，昆布多醣和岩藻依聚醣的酶促衍生物。研究大型藻類級聯增值方案的經濟可行性。預期可達到之效應為 2030 年歐洲海藻種植面積為 400 萬噸/年，2050 年為 2000 萬噸。將生物質總價值從 25 歐元/噸增加到 1000 歐元/噸，相當於 2025 年的年收入 20 億歐元。短期內製造飼料和食品產品的新商機，中期以及高價值製藥和營養品，大量化學品和生物材料以及海洋蛋白質和脂肪酸為目標。

**第四個例子 Pro-Enrich 豐富蛋白質計畫 (圖十四 C)**，開發來自油菜籽，橄欖，番茄和柑橘類水果的新型功能性蛋白質和生物活性成分，用於食品，化妝品，寵物食品和增稠劑。自 2018 年 01 月開始為期 4 年，BBI JU 投資 € 3,312,891。Pro-Enrich 項目將展示一種新的商業模式，用於從農業側流中提取高價值組分，展示小型和大型生物處理單元的技術和商業可行性。Pro-Enrich 項目將開發靈活的生物精煉方法，能夠處理來自菜籽粕，橄欖，西紅柿和柑橘類水果行業的各種農業殘留物。這將有助於滿足全球對蛋白質和酚類產品流替代來源日益增長的需求。Pro-Enrich 將生物質的有效成分精煉過程提升到一個新的水平，有效分離蛋白質，多酚，膳食纖維和顏料等高價產物再利用。計畫目標為在生物經濟集群中建立兩個新的跨部門互連。引進壓榨橄欖果渣，橄欖油廢水，菜籽粕壓榨餅和果蔬加工殘渣作為寶貴的生物精煉資源，制定生產四種不同成分的方案，其純度達到可用於食品，寵物食品，化妝品和黏著劑的標準，定義如何使現代生物精煉廠適應同一處理單元內的季節性殘留物，減少停機時間並提高投資回報。對原料採用循環和間段式生物精煉方法，提供更環保和經濟上可持續的方法，包括比現有技術減少至少 10% 的碳足跡。

## **2.4 BIORESTEC 2018 其他感興趣的發表**

主要參加下列幾個分組討論主題，針對感興趣發表主題討論：

- (1) Session IB: Industrial Bioprocessing for Biofuels : 09 月 17 日
- (2) Session 2B: Algal Biorefinery : 09 月 17 日
- (3) Session 3B: Lignocellulose Biorefinery : 09 月 17 日
- (4) Session 4B: Biorefineries & Biofuels : 09 月 18 日
- (5) Session 5B: White Biotechnology – Production of Fuels and Chemicals : 09 月 18 日

(6) Session 6B: White Biotechnology: 09 月 18 日

(7) Session 7A: Bioresource policies, bioeconomy and social perspectives: 09 月 19 日

分組討論的口頭發表內容多偏向於前瞻性學術研究，且部分為學生學位論文發表，發表品質較參差，我感興趣主題為歐洲產業界的趨勢與技術產業化成功的例子，下面為荷蘭 Royal COSUN 公司甜菜粕高值化的實例，

### **[INV08] Biorefinery of agricultural crops and side streams from the agro-food industry. developments at COSUN。**

#### **COSUN 公司農業作物與副產物的生質精煉發展**

荷蘭 Royal COSUN 公司 W. Huijgen 博士介紹農業科技公司 Royal COSUN 正在開發的農作物和副產品的生物精煉工藝的實例。該公司參與歐盟 EU- BBI 計畫中甜菜生物精煉的 Pulp2Value 項目，加工未充分利用低價值甜菜粕成為高價值產品，如洗滌劑、個人護理、油脂、天然氣、油漆、塗料以及復合材料等。甜菜粕在歐洲約有 1300 萬噸，是甜菜行業的主要殘餘物，目前它被認為是低價值的飼料和/或綠色天然氣。Pulp2Value 目標是從這種副產物中分離出更有價值的產物，特別是微纖維素纖維、阿拉伯糖、半乳糖醛酸。Pulp2Value 項目打算展示了一種綜合且具有成本效益的級聯生物精煉系統。Royal Cosun 是一個紮根於初級產業的農業工業集團。Royal Cosun 集團旗下有 Aviko, Duynie, Sensus, Suiker Unie 和 SVZ。Cosun 創新中心為 100 多名研發專業人員提供靈活的工作站，並為所有業務團隊提供其核心技術，產品開發，分析技術和質量問題方面的專業知識和經驗，為子公司團隊及其客戶提供服務。Royal Cosun 現在也開始關注非食品類的應用，Cosun Biobased Products 是該集團為生物經濟開發產品的初創企業，其目標是充分利用原材料來滿足環境的需求，自身盈利能力和社會對負責任產品的需求生產方式。Royal Cosun 成立於近 120 年前的荷蘭甜菜在合作社中團結起來的農民。今天，合作社已超過 8,800 會員/股東，已經發展成為擁有 3,900 名員工和一個團隊的企業每年營業額約 20 億歐元。

Royal Cosun 過去成功研發出兩種 inulin 衍生物產品，其一（圖十五 C）是 Carboxyline®，一種來自菊苣根的羧甲基化天然有機衍生聚合物。該產品含有高含量的羧甲基菊粉（CMI），具有固有的生物降解性和無毒性。它充當閾值晶體生長（水垢）抑製劑，離子螯合劑和分散劑。該產品可用於水處理，清潔

劑，紙漿和紙張加工，油回收和食品加工等應用。CMI 本身是可生物降解的。在 ISO 11734 測試中，測試結果包括在 OECS 302A 測試 (SCAS) 中 24 小時內 > 20% 的生物降解和在 28 天內 > 60% 的厭氧生物降解。固有的生物降解性使產品具有足夠的微生物穩定性並降低了配方保存的要求。在水蚤，魚類和藻類的慢性試驗中觀察到極低的水生毒性。此外，CMI 不含磷和氮。CMI 是由菊粉的羧甲基化產生的化學衍生物。菊粉是從菊苣根中提取的植物儲備多醣，是可再生的原料。其二是 QUATIN<sup>®</sup> (圖十五 D) 是羥丙基三甲基菊糖，一種陽離子生物聚合物 (菊粉)。該產品的可再生和生物基特性使其非常適用於比其合成替代品具有更好性能的更環保配方。該多功能聚合物可用作調理劑，靜電還原劑，粘度調節劑，沉積增強劑，表面改性劑和潤濕劑。這使其適用於洗髮水，護髮素，身體凝膠，肥皂，乳霜和洗滌劑等應用。

其集團自 1985 年使用甜菜最大宗是用於蔗糖萃取，到今天其萃取方式也是使用熱水萃取，製程上均未改變，但現在飲食講求健康少糖，歐盟為了肥胖問題，提倡減少糖的添加，糖的使用量減少，其集團蔗糖生產工廠由兩家減少至一家，Royal Cosun 積極尋找新的商機。跟隨循環經濟的腳步，甜菜粕是荷蘭綠色天然氣主要來源，進一步利用其公司研發核心技術，研發出 Betafib<sup>®</sup> (圖十五 F) 是一種來自植物原料的纖維素微纖維。它是 100% 天然的生物聚合物，尚未經過化學改性。由於精製的萃取和加工方法，Betafib 在低劑量水平下具有高粘度，剪切稀化並具有高屈服應力。此外，Betafib 在廣泛的 pH 和溫度範圍內非常穩定，由 Betafib 的 3D 結構行為產生優異的顆粒攜帶性能。這是專利技術萃取的結果，可應用在 (1) 清潔劑。(2) 增粘劑，是一種 100% 天然的生物聚合物，在升高的溫度和鹼度下具有獨特的穩定性。電解質的存在對其穩定性沒有影響。這使其成為鑽井，固井，壓裂應用和補充液的首選產品。(3) 生物基流變改性劑，用於油漆和塗料。它在水基配方中具有出色的抗裂性能。Betafib 提供的其他好處包括高流掛和沈降控制以及大量的 VOC 減少。

對 Royal Cosun 的產品研發留下深刻印象，這個集團的研發中心規模不小，且積極順應循環經濟潮流，微纖維的開發技術，應該是這個公司固有的核心技術，新的技術是踩著多年累積下來的基底再做衍生，也讓我積極反思，進入公司六年，是有哪些紮實的技術可以作為基底，再衍生出新技術和產品，現行研究應該再如何規劃及應用，我覺得多與外界交流與接觸，尤其是國際的廠商，可以提供很多不一樣的想法及思維，也可提升本研究所得可見度。



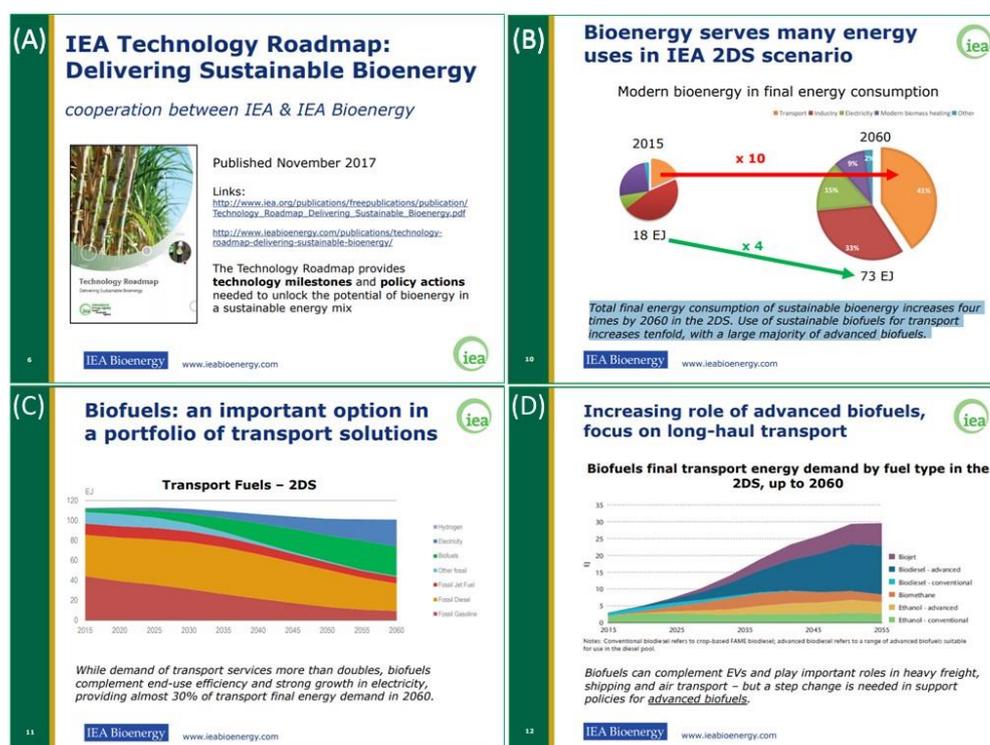
圖十五 Royal Cosun 生質基相關產品研發情形

**[INV13] Modern bioenergy and its role in the transition towards a low-carbon economy 現代生質能源在低碳經濟轉型中的角色**

講者 Luc Pelckmans 是 IEA Bioenergy Technology Collaboration Programme (TCP) 的 Technical Coordinator，是荷蘭能源生物質可持續性諮詢委員會成員，以及諮詢公司 CAPREA Sustainable Solutions 的總經理。於 1994 年畢業於機械工程碩士學位，並於 1996 年至 2017 年在比利時研究機構 VITO 工作，擔任替代運輸燃料和動力傳動系統，生質燃料，生質能源和生物經濟等項目的項目經理。IEA bioenergy 是由國際能源機構（International Energy Agency，IEA）於 1978 年成立的一個組織，旨在改善國家之間在生質能源研究，開發和部署方面的合作和信息交流。

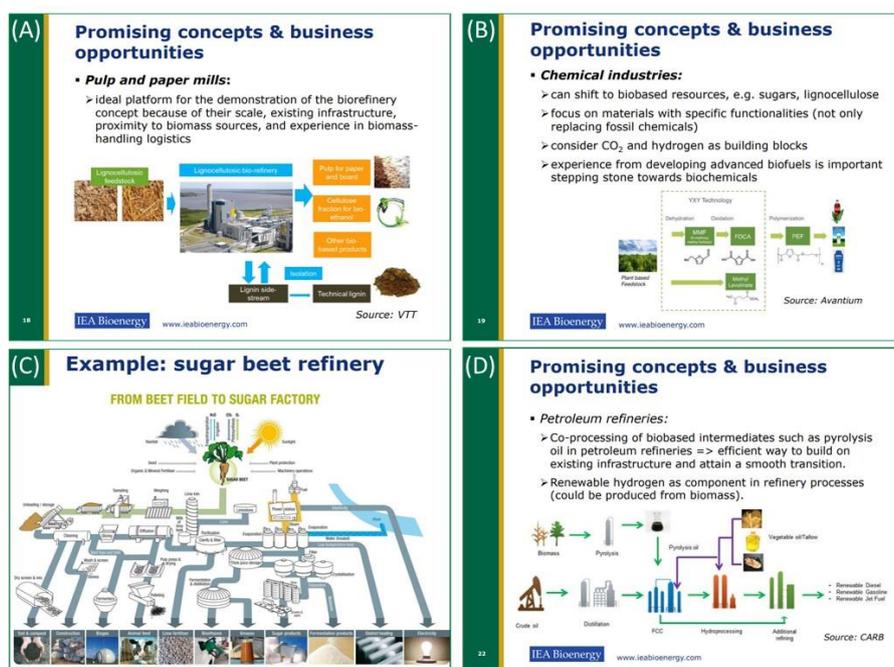
演講的第一部分將重點介紹 The Bioenergy Technology Roadmap (圖十六 A) 報告的主要結論，該報告最近由 IEA 出版。IEA 模式研究表明，如果要實現全球氣候變化承諾，現代生質能源是未來低碳全球能源系統的重要組成部分，生質能源在 IEA 2DS (2°C Scenario) 計畫中 2060 年時約占 17% 的能源需求與 2015 年的 4.5% 相比大大提升，生質能源提供約 20% 的二氧化碳減排貢獻。在電氣化之後，生質燃料在運輸中將發揮特別重要的作用，到 2060 年最終總能耗增加了十倍 (圖十六 B)，生質能源在工業使用中 2DS 中到 2060 年最終總能耗增加了四倍。在 2060 年時雖然電力動能提升，生質燃料占運輸目的中能源需求中的 30%，且其中依然以生質柴油為主要部分 (圖十六 CD)。該路線圖根據過去五年能源格局的變化以及最近在生質能源政策，市場開發和監管方面的經驗，重新審視了生質能源的作用，並提出生物能源的進展比必要的慢得多，所以我們需要

- ✓ 擴展現有技術的部局
- ✓ 將新技術推向商業化
- ✓ 發展永續性供應鍊和合適的永續管理系統
- ✓ 在更多國家與區域範圍內建立技術交流和協調能力
- ✓ 生質能源的加速部局需要合適的政策配合



圖十六 The Bioenergy Technology Roadmap 闡述未來生質能源的重要

演講的第二部分將重點介紹生物煉油廠。 2017 年 5 月，IEA 生質能源和 IEA IETS 在瑞典哥德堡舉辦了一次關於工業生物精煉工廠在低碳經濟中的作用的聯合互動研討會。工業需要進行重大轉變才能實現低碳經濟。通過將生物精煉工廠與現有的工業製程連結起來，只要生質料源具有一定規模，可以實現可再生燃料，化學品和材料的非常有效的轉化。並展示一些可行的生物精煉產業與商業化概念（圖十七），發展的最好的還是以纖維素廢棄物轉化（圖十七 A）；其次是轉化成生質化學品，如可口可樂生質塑膠瓶的例子（圖十七 B）；在歐洲是甜菜產業的例子（圖十七 C），只是原來就屬於農業廢棄物或可食的廢棄物，因為可以做為飼料與肥料使用，其廢棄物或副產物處理方式的選擇很多，不一定要走向生物精煉；此外，特別是對於石油煉製業（圖十七 D），提出生質裂解油可直接進入石化製程 FCC，沒有更改製程的疑慮，又有減少二氧化碳排放的效能。最後他也提出生質能源布局時需克服的阻礙，包含公眾對生物質作為一種資源的看法；生質料源的複雜性高，處理選擇太多技術創新迅速，生質能源不是唯一選項；大量投資和盈利能力的的不確定性；跨行業合作需求；政策不穩定和政策不確定性；缺乏長期期限願景和政策一致性；可持續性要求的不確定性；與廢物，食品安全和轉基因生物相關的立法；碳定價，可再生能源貿易等；上述問題亟待解決與克服。最後提出產業共生、增值生物基產品、生質能源產品的多樣化、生產的增加的整合，可以實現延緩氣候變遷目標和促進經濟增長的最大影響。



圖十七 生質能源可行的概念與商業化例子

## 2.5 參考文獻

1. 李穎宏；陳政閔；林怡如. (2013) 米糠營養及加工利用, *高雄區農業專訊* 84, 6-8.
2. Guang, F. (2013) Present situations and prospects for the research on rice bran protein *Journal of Food Safety and Quality* 4, 863-867.
3. 邱純慧. (2017) 綠色環保界面活性劑發展趨勢(下), IEK 產業經濟與趨勢研究中心, IEK 產業情報網.
4. Ferrera-Lorenzo, N., Fuente, E., Suárez-Ruiz, I., and Ruiz, B. (2014) KOH activated carbon from conventional and microwave heating system of a macroalgae waste from the Agar–Agar industry, *Fuel Processing Technology* 121, 25-31.
5. Petrović, J., Perišić, N., Maksimović, J. D., Maksimović, V., Kragović, M., Stojanović, M., Laušević, M., and Mihajlović, M. (2016) Hydrothermal conversion of grape pomace: Detailed characterization of obtained hydrochar and liquid phase, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 118, 267-277.
6. 黃嫻. (2015 年 05 月 07 日 17:31 ) 化腐朽為神奇，瑞典垃圾不夠用還要進, In *科技新報*,  
<http://technews.tw/2015/05/07/sweden-import-waste-to-transform-into-energy/>

### 三、心得及建議

本次非常感謝公司支持，得以參加國際知名出版社 ELSEVIER 愛思唯爾舉辦的第二屆生物資源技術國際會議（BIORESTEC 2018）。藉由參與該研討會，除了亞洲及北美洲專家，難得可與歐洲、南美洲、非洲、澳洲等平時較少接觸到國外專家、學者交流並觸發新的合作契機，使我們的研究能與時俱進，跟上國際研發趨勢，讓我獲益良多。BIORESTEC 2018 的主要議題算是少見的囊括了生物經濟鏈相關的所有議題之研討會，本次會議安排緊湊，很幸運有機會可以親臨現場聽到各國大師的簡報與進行交流，會後利用為藻與微生物進行廢水處理的，澳洲雪梨技術大學的 Huu Hao Ngo 教授與中國哈爾濱工業大學的馮玉杰教授歡迎本公司以後拜訪與交流。

本次代表綠能所生物科技組發表四篇海報論文，發表期間各國學者前來詢問本公司相關技術並交換意見與討論，也藉此機會介紹公司相關業務與綠能科技研究所發展概況，專利微藻 CPC1215 應用技術發展較完整，詢問度也較高，大家對一種微藻可以自來水與海水養殖非常好奇，另在不同養殖條件下可以產出不同高價物質很感興趣，並帶有 CPC1215 超臨界萃出液做成的精華液供大家試用，現場覺得很新奇，對於可以商業化的技術留下深刻印象。整體而言各國學者對於我們是台灣石油公司，於生質能源與循環經濟中副產物再利用的研究成果給與高度評價，尤其對於微藻研究可以取得中華民國與日本專利印象深刻，感到非常開心，藉此將我們的研究成果展現給各國看，一方面提升研究所與研究成果的能見度，一方面也可接受大家的批評與指教讓未來的研發更精進。在中油公司的角色，研發不只是學術研究，收集資訊、積極溝通 協調、技術整合，跨領域合作才能創造出具有價值的技術與產品。將印象深刻的議題與建議整理如下：

1. 藉由此次會議可聊解歐洲生質能源發展脈動，全球生質能源走向循環經濟價值鏈的建構，發展比較完整的三種燃料為生質甲烷、生質柴油、生質酒精，在歐洲是以 Biogas 甲烷為主，因此本次會議口呈現中約有 5 成均是利用不同的生物技術或化工製程，針對不同料源來增加厭氧發酵效率，突破厭氧發酵瓶頸，提升甲烷產率。生質柴油部分，植物油轉化機制與製程在歐洲已發展得很完整，本部分會議中較少生物技術可精進之處，較少報告提及。生質酒精相關，本次會議得到歐盟最新資訊，Bio Based Industries Consortium (BIC) 投入 3 千萬歐元，廠商 BIOSKOH 將把斯洛伐克東部的一個棕色地帶工業基

地改造成一個 55 千噸的纖維素乙醇生產設施。木質素的分解產生芳烴技術，在會中也是廣泛被報導的。另外的發展方向以木質纖維轉化成高價化學品，如將木質纖維素經前處理與發酵轉化成如琥珀酸等。先前因為國際原油下跌，生質能源發展因成本高昂失去發展契機，最近幾個月國際原油價格節節高升，油價又開始凍漲政策，也許生質能源又有發展契機，對於生物技術組，我覺得盤點現有技術，尋求新突破點，整合現有資源，引進成熟技術，是我們可以努力的方向。

2. 歐盟自 2014 年藉由 Bio Based Industries Consortium (BIC)，BIC 代表產業界與歐盟委員會建立公私合作夥伴關係 (PPP)，至 2020 年間投資 37 億歐元用於生物創新，其執行理事說到要完整建立生物經濟中的創新價值鏈，必須整合與進行產業結盟，其實這項計畫很像 A+企業創新研發淬鍊計畫，只是他們是產業聯盟出部分的資金，而非單一參與企業投入資金，如此產業界會更願意參與，這部分值得我們參考。
3. 研發的創新是需要不斷吸收外界的新資訊，藉由與其他學者討論，接受批評與指教，本次參加 BIORESTEC 2018，參考其他研究學著的想法，回來後進一步搜尋與了解新的技術發展，對現在我們的研究主題也有了進一步的想法：
  - (1) 玄米皮高價利用方面可利用二氧化碳溶劑超臨界萃取，這種萃取方法是低溫加工，可提取出高品質的玄米皮蛋白，可創造出高價產品。
  - (2) 開發生物基界面活性劑 -- 可嘗試利用副產物，如玄米皮作為料源，找到合適微生物代謝生產生質界面活性劑，研究目標為可以比現行市面產品生產成本低，就有商業化價值。另一想法為開發新型生質界面活性劑，界面活性劑為具備親水端與親油端之長鏈型化合物，其上游原物料來自天然油脂，油脂再經由化學反應形成烷基苯與脂肪酸等碳鏈較長之中間體，最後分別與帶有不同官能基的化合物反應，形成各種不同之界面活性劑，如本組研究素材玄米油，文獻中也會用來生產生質界面活性劑。也有從天然物中直接分離出來之界面活性劑，都是我們可以努力的方向。
  - (3) 玄米皮或藻類高價物質萃餘物或發酵殘渣，可利用 HCT 此技術進一步處理成 hydrochar 利用，惟須評估成本問題。

4. 參與大型國際研討會，對研究員而言是很好的表現機會，可多與國際間建立良好的溝通管道，尤其是以口頭發表形式可吸引到更多關注，如 104 年參與 IB2B2015 國際會議後，法國知名 Institute Pasteur 在 106 年因為獲得與會發表專利微藻 CPC1215 的會議簡報，透過法國在台協會來所上交流，建議公司可多支持研究員至國際上交流，拓展研究成果的應用範疇。
5. 本次會議出版社 ELSEVIER 宣告其為綠色環保的公司，全程採用無紙化政策，大會手冊與行程等資訊全部放在 APP 上，要求與會者在線上閱讀與紀錄筆記，還可與講者進行線上交流，若需要紙本請自行印出參考，大會現場提供訊號與速度良好的 WiFi 給與會者使用，這對於我是非常新穎的體驗，我覺得非常環保及方便，日後若公司或綠能所要舉辦大型會議，可參考此項綠色環保設計。

## 四、具體成效

本次出國案具體成效包含:

- 四篇國際會議論文發表 (整理於章節 2.1)
- 生物資源技術最新發展資訊取得 (整理於章節 2.2~2.4)
- 歐盟生物循環經濟產業發展現況 (整理於章節 2.4)

# 五、附件

## 附件(一) BIORESTEC 2018 會議行程表

**ORGANISER**



**SPONSOR**



**PROGRAMME**

**BIORESOURCE TECHNOLOGY**  
for Bioenergy, Bioproducts  
& Environmental Sustainability

16-19 September 2018  
Sitges, Spain

---

**ABOUT THE CONFERENCE**

The 2<sup>nd</sup> International Conference on Bioresource Technology for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability (BIORESTEC) will build upon the successful 1<sup>st</sup> BIORESTEC conference held in October 2016. We will once again convene, bringing together researchers in academia and industry, as well as policymakers, to discuss the progress made during the intervening two years and the latest trends in biotechnology, bioenergy, and biobased products.

The programme will be curated by a committee of world class academic leaders in their respective fields with key topic areas including:

- Pretreatment and de-construction of biomass/bioresources
- Bioresources (including waste) recovery and recycling, including microbial electrochemical systems
- Bioresources for biofuels (liquid and gaseous)
- Bioresources for biobased chemicals & products, including gas fermentation and in situ product recovery
- Thermochemical conversion of bioresources
- Biorefineries and white biotechnology
- Systems approach: Bioresource systems analysis, life cycle assessment (LCA), carbon accounting, nutrient-energy-water (NEW) nexus
- Industrial applications and up-scaling
- Bioresource policy & economics

---

**PLENARY SPEAKERS**

 <b>Birgitte Ahring</b> Washington State University Pullman, WA, USA	 <b>Irina Angelidaki</b> Imperial College London UK
 <b>Dirk Carrez</b> Bio Based Industries Consortium Belgium	 <b>Jo-Shu Chang</b> National Cheng Kung University Taiwan
 <b>Huu Hao Ngo</b> Faculty of Engineering and Information Technology, University of Technology Sydney, Australia	 <b>Mohammad J. Taherzadeh</b> Swedish Centre for Resource Recovery University of Borås, Sweden

---

**INVITED SPEAKERS**

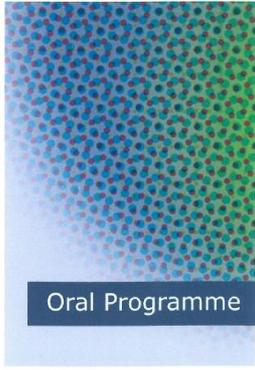
 <b>Guocheng Du</b> Jiangnan University China	 <b>Carole Molina Jouve</b> LISBP - INSA de Toulouse France
 <b>Claude-Gilles Dussap</b> Polytech Clermont-Ferrand France	 <b>Giorgio Mannina</b> University Palermo Italy
 <b>Somayeh Farzad</b> Stellenbosch University South Africa	 <b>Deepak Pant</b> VITO-Flemish Institute for Technological Research, Belgium
 <b>Yujie Feng</b> Harbin Institute of Technology China	 <b>Luc Peckmans</b> Capra Belgium
 <b>Wenshan Guo</b> University of Technology Sydney Australia	 <b>Roger Ruan</b> University of Minnesota USA
 <b>Wouter Huijgen</b> Royal Cosun, The Netherlands	 <b>Luciana Vandenberghe</b> Universidade Federal do Paraná Brazil

For more information visit: [www.elsevier.com/biorestec-conference](http://www.elsevier.com/biorestec-conference)

---

**CONFERENCE CHAIRS**

 <b>Ashok Pandey</b> CSIR-Indian Institute of Toxicology Research, Lucknow India
 <b>Deepak Pant</b> VITO, Flemish Institute for Technological Research Belgium

	Monday 17 <sup>th</sup> Sept 2018	Tuesday 18 <sup>th</sup> Sept 2018	Wednesday 19 <sup>th</sup> Sept 2018	
 <p><b>Oral Programme</b></p>	<p>08:00 Registration Hall Tramuntana</p> <p>08:30-08:40 Welcome Address 1: Ashok Pandey and Deepak Pant Tramuntana 2&amp;3</p> <p>08:40-09:20 [PL01] Irini Angelidaki, Danmarks Tekniske Universitet, Denmark   Tramuntana 2&amp;3</p> <p>09:20-10:00 [PL02] Mohammad J. Taherzadeh, University of Borås, Sweden   Tramuntana 2&amp;3</p> <p>10:00-10:30 Coffee Break and Poster Session 1 Tramuntana 1</p> <p>10:30-12:30 Session IA: Biomass Fractionation – Pretreatment Processes and Technologies   Tramuntana 2&amp;3 Session IB: Industrial Bioprocessing for Biofuels   Garbi</p> <p>12:00-13:30 Lunch   Restaurant</p> <p>12:30-13:30 Poster Session 2   Tramuntana 1</p> <p>13:30-15:00 Session 2A: Thermo-Chemical Processing of Biomass Session Chair: Tramuntana 2&amp;3 Session 2B: Algal Biorefinery Garbi</p> <p>15:00-15:30 Coffee Break   Tramuntana 1</p> <p>15:30-17:30 Session 3A: Biological waste treatment – Microbial Electro-chemical system &amp; Environmental bioengineering Tramuntana 2&amp;3 Session 3B: Lignocellulose Biorefinery   Garbi</p> <p>17:30-19:00 Industry - Academia Speed Dating Event (with refreshments)</p>	<p>08:30-09:10 [PL03] Jo-Shu Chang, National Cheng Kung University, Taiwan Tramuntana 2&amp;3</p> <p>09:10-09:50 [PL04] Huu Hao Ngo, University of Technology Sydney, Australia Tramuntana 2&amp;3</p> <p>09:50-10:20 Coffee Break and Poster Session 2 Tramuntana 1</p> <p>10:20-15:15 Session 4A: Biological waste treatment – Anaerobic digestion on Tues am   Tramuntana 2&amp;3 Session 4B: Biorefineries &amp; Biofuels   Garbi</p> <p>12:20-13:30 Lunch   Restaurant</p> <p>12:30-13:30 "How to write a scientific paper and get published" Workshop with Elsevier Publisher (Early Career Researcher Event)   Garbi</p> <p>13:30-14:10 [PL05] Birgitte Ahring, Washington State University, USA Garbi</p> <p>14:10-15:25 Session 5A: Biological Waste Treatment and Management Tramuntana 2&amp;3 Session 5B: White Biotechnology – Production of Fuels and Chemicals   Garbi</p> <p>15:25-16:00 Coffee Break and Poster Session 2 Tramuntana 1</p> <p>16:00-17:30 Session 6A: Biological Waste Treatment – Resource Recovery &amp; Waste Biorefinery Tramuntana 2&amp;3 Session 6B: White Biotechnology Garbi</p> <p>19:30-22:00 Gala Dinner (Optional Event – Tickets to be purchased)</p>	<p>08:30-09:10 [PL06] Dirk Carrez, Bio Based Industries Consortium, Belgium Tramuntana 2&amp;3</p> <p>09:10-10:40 Session 7A: Bioresource policies, bioeconomy and social perspectives   Tramuntana 2&amp;3 Session 7B: White Biotechnology- Techno-economic analysis, life-cycle assessment and sustainability   Garbi</p> <p>10:40-11:10 Coffee Break   Tramuntana 1</p> <p>11:10-12:30 Panel Discussion Tramuntana 2&amp;3</p> <p>12:30-13:00 Closing address: Ashok Pandey and Deepak Pant (including BIORESTEC Best Posters awards) Tramuntana 2&amp;3</p> <p>13:00-14:30 Lunch Restaurant</p>	
	<p><b>Sunday 16<sup>th</sup> Sept 2018</b></p> <p>17:00-19:00 Registration Hall Tramuntana</p> <p>18:00-19:30 Welcome Reception &amp; Special Launch Event &amp; Poster Session 1 Tramuntana 1</p>			
				<p><b>Session Rooms</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tramuntana 1</li> <li>Tramuntana 2&amp;3</li> <li>Garbi</li> </ul>

(1) 專利微藻 CPC1215 於生質柴油副產物甘油減廢之應用



**Influence of crude glycerol addition on the biomass and lipid content of *C. orbicularis* CPC1215**

**Ai-Ling Kao**, Chin-Chung Chen, Chang-Ting Tsai, Hsin-Yao Cheng, Jui-Hui Chen, Zheng-Chia Tsai  
Department of Biotechnology, Green Technology Research Institute, CPC Corporation, Taiwan  
(E-mail address: 295663@cpcc.com.tw)



**Introduction**

*Chlamydomonas orbicularis* CPC1215, an ultraviolet induced mutant, originally isolated from the southern coast of Taiwan by CPC Corporation, Taiwan (CPC). CPC is the foremost energy enterprise in Taiwan and the major goal in feedstock development is to obtain suitable species for biofuel production. *C. orbicularis* CPC1215 was a candidate in commercial and industrial algal oil producer according to its high lipid productivity, low adhesion to PBR that easily collected by gravitational sedimentation, and could be cultivated with seawater or freshwater. *C. orbicularis* CPC1215 performed the optimal lipid content of 51.8% and the highest lipid productivity of 121.8 mg/L/day. In outdoor cultivation by using 50 L photobioreactors, the biomass and lipid content were 2.5 g/L and 55.4%, respectively. Crude glycerol is a major by-product in the production of biodiesel. With global growth of the biodiesel industry, how to effectively reuse this by-product is an important issue. One possibility for utilization of crude glycerol is to use it as a carbon source during the incubation of microalgae. That would reduce the production cost of microalgal biodiesel. In this study, the growth of *C. orbicularis* CPC1215 under the presence of different concentrations of pure glycerol or crude glycerol was evaluated with the objective of increasing the biomass growth and lipid content.

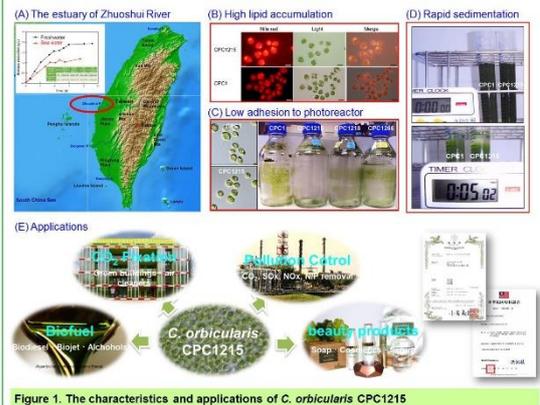


Figure 1. The characteristics and applications of *C. orbicularis* CPC1215

**Materials and Methods**

- Crude glycerol was kindly provided by Taiwan NJC corporation. It had the following composition(w/w) : 50~60% glycerol, 10~20% methanol, 10~20% moisture.
- Pure glycerol was ACS reagent and had >99.5% purity. (Merck 1.04092.1000)
- Cultivation condition: 5% CO<sub>2</sub>, 0.02 vvm, RT (25-30°C), TAP medium (1% sea salts)



**Results and Discussion**

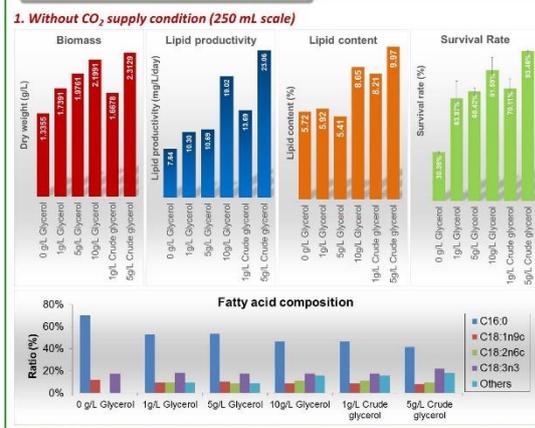


Figure 2. The biomass, lipid productivity, lipid content, survival rate, and fatty acid composition of *C. orbicularis* CPC1215 under different concentrations of pure glycerol or crude glycerol in 250 mL PBR without CO<sub>2</sub> supply.



Figure 3. The lipid production of *C. orbicularis* CPC1215 under different concentrations of pure glycerol or crude glycerol in 500 mL PBR with CO<sub>2</sub> supply (5% CO<sub>2</sub>, 0.2 vvm).

**Conclusion**

In this study, the lipid content, lipid productivity, and biomass of *C. orbicularis* CPC1215 were elevated 74%, 202%, and 72% when adding 5.0 g/L crude glycerol in the growth medium. These results showed that *C. orbicularis* CPC1215 is feasible to use crude glycerol for producing biomass and elevating lipid productivity under mixotrophic cultivation.

## (2) 玄米皮酒精生產：



### A simple process for the bio-ethanol production by using rice bran as feedstock

**Chin-Chung Chen, Guo-Jhan Gao, Ai-Ling Kao, Chang-Ting Tsai, Hsin-Yao Cheng, Jui-Hui Chen, Zheng-Chia Tsai**  
Department of Biotechnology, Green Technology Research Institute, CPC Corporation, Taiwan, ROC  
(E-mail address: 078654@cpc.com.tw)



#### Introduction

Rice is produced to nearly 1.4 million tons every year in Taiwan. It results in the collection of about 140,000 tons of rice bran at rice processing sites. Although rice bran is usually used as animal feed, more valuable applications should be developed to further improve the economics of this rice milling by-product. Rice bran contains about 30% starch and 15% protein together with a little amount of cellulose (about 5%) and hemicellulose (about 8%), indicating it could serve as a good feedstock for bio-ethanol production. The present study aims to produce ethanol by a simple process using rice bran as feedstock.

#### Materials and Methods

- Carbon source: Rice bran collected from a local mill located in the Tainan area, Taiwan
- Hydrolytic enzyme: Acremonium cellulase mixture produced by *A. cellulolyticus* (non-GMO fungi) (Meiji Seika Pharma Co., Ltd.)
- Inoculum: Alcohol instant active dry yeast (AngelYeast Co., Ltd.)
- Process (fermentation): batch fermentation w/o pH control
- Working volume (fermentation): 100 mL (in a 500 mL flask)
- Temperature (fermentation): 30°C
- Agitation (fermentation): 180 rpm

#### Results and Discussion

##### 1. Conversion of soluble starch to glucose by Acremonium cellulase mixture

	Starch (%)	Glucose (g/L)	Conversion rate (%)
Acremonium cellulase mixture	30	159	21%
	20	197	79%
	10	79	75%

\*The enzymatic saccharification of the three concentrations of sterilized soluble starch (10, 20 and 30% w/v) was performed by shaking (180 rpm) at 50°C for 3 hr after adding 4% w/v Acremonium cellulase mixture.

Acremonium cellulase mixture exhibited starch-hydrolyzing ability.

#### Results and Discussion

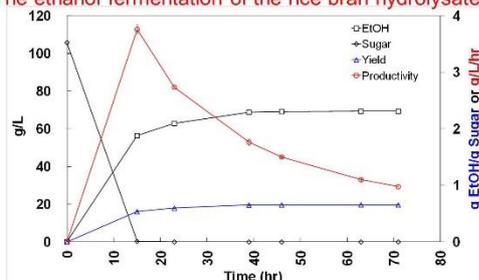
##### 2. Conversion of rice bran to fermentable sugars by Acremonium cellulase mixture

	Rice bran (%)	Fermentable sugars (g/L)	Yield (g sugar/g rice bran)
Acremonium cellulase mixture	30	106	0.14

\*The enzymatic saccharification of the sterilized rice bran (30% w/v) was performed by shaking (180 rpm) at 50°C for 3 hr after adding 3% w/v Acremonium cellulase mixture.

The fermentable sugars (rice bran hydrolysate) were liberated from rice bran by Acremonium cellulase mixture and used as carbon source for ethanol fermentation.

##### 3. The ethanol fermentation of the rice bran hydrolysate



\*The ethanol fermentation of the rice bran hydrolysate was performed by shaking (180 rpm) at 30°C for 3 days after inoculating 1% v/v activated yeast.

In terms of fermentation efficiency, the highest ethanol production was up to 69 g/L within less than two days while the yield of 0.65 g/g and productivity of 1.8 g/L/h were observed.

#### Conclusion

We have developed a simple process for the bio-ethanol production by using rice bran as feedstock. Comparison to bio-ethanol production of other published literatures, the process developed in this study, that needs no severe hydrolysis and transgenic microorganisms, is safer and easy to operate.

### (3) 玄米皮殼纖維素純化與分析：



## Analysis and purification of $\gamma$ -oryzanol from the supercritical- $\text{CO}_2$ -extracted brown rice crude oil

Jui-Hui Chen, Ai-Ling Kao, Chang-Ting Tsai, Hsin-Yao Cheng, Chin-Chung Chen, Zheng-Chia Tsai, Tung-Li Huang  
Department of Biotechnology, Green Technology Research Institute, CPC Corporation, Taiwan, ROC  
E-mail address: 295981@cpc.com.tw

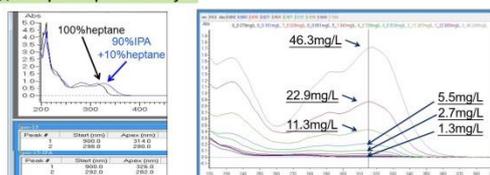


#### Introduction

$\gamma$ -Oryzanol, a mixture of ferulate esters of phytosterols and triterpene alcohols, was first isolated from rice bran and is recognized as a bioactive compound that can be used to lower serum cholesterol, treat nerve imbalance and alleviate the menopausal symptoms, etc. The methods of analyzing  $\gamma$ -oryzanol such as UV spectrophotometry, TLC and LC/MSMS are well documented in literatures and have been established in our lab. The rice milling factory utilizes the supercritical fluid (SCF)  $\text{CO}_2$  to treat the brown rice and produce the "wash-free" brown rice. Along with this SCF treatment, a waste byproduct (the SCF-extracted brown rice crude oil) is generated. Since the brown rice contains bran and germ, this crude oil is thought to contain high amount of  $\gamma$ -oryzanol. Indeed, we are able to take out the  $\gamma$ -oryzanol from the crude oil. The extracted  $\gamma$ -oryzanol is >75% in purity and its potential application in health nutrition or beauty care products will be explored in the future.

#### Analysis Methods

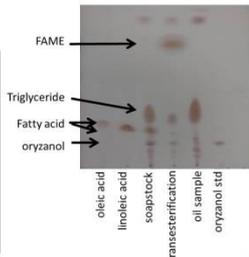
##### (I) UV spectrophotometry



- Oryzanol has different absorption apex in different solvent.
- Oryzanol can be determined by measuring the OD<sub>315</sub> in n-heptane along with the standard curve.

##### (II) TLC analysis

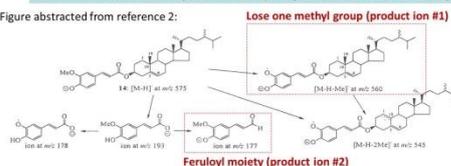
- Stationary phase = silica gel aluminium sheet
- Mobile phase = hexane/ethyl acetate/acetic acid = 98:4:1
- Detection system = spraying the TLC plate with ethanol containing 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and heated to 105°C for 5mins



##### (III) LC/MSMS

###### Collision-induced decomposition, CID (campesterol ferulate as example)

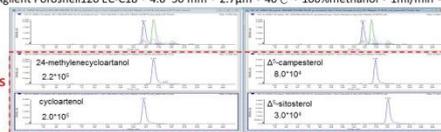
Figure abstracted from reference 2:



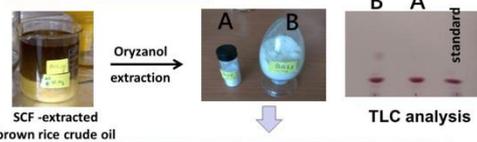
Ion source	charge	CUR(psi)	CAD	IS(V)	TEM(C)	Mass parameter		lhe
						GS1(psi)	GS2(psi)	
ESI	-	20	medium	-4500	550	60	65	on
		Ion pair		Q1 (Da)	Q3 (Da)	DP	EP	CE
major				trans-CAR 1	601.4	586.5	-52	3.52
				trans-CAR 2	177.0	-	-65	
				24-methylene-cycloartanol	615.3	600.4	-52	3.79
				trans-24-MCA 2	177.0	-	-65	
				Campesterol	575.3	560.3	-52	3.91
				(24-methyl-cholesterol)	trans-24-MCO 2	177.0	-	-65
minor				Sitosterol	589.3	574.5	-52	4.30
				trans-SITD 1	177.0	-	-65	
				trans Cycloartanol 1	603.5	588.5	-170	-5
				trans Cycloartanol 2	177.0	-	-65	3.50
				24-methylene-cholesterol	573.1	558.4	-52	3.06
				trans-24-MEC 2	177.0	-	-65	
				trans Campestanol 1	577.3	562.5	-52	4.31
				trans Campestanol 2	177.0	-	-65	
			Stigmasterol	591.3	576.5	-52	4.74	
			trans-STAN 2	177.0	-	-65		

Column: Agilent Poroshell120 EC-C18 • 4.6\*50 mm • 2.7 $\mu\text{m}$  • 40°C • 100% methanol • 1ml/min •

4 major oryzanols



##### $\gamma$ -Oryzanol Extraction



The extracted  $\gamma$ -oryzanol is >75% in purity (GC-FID and LC-MSMS)

#### References

1. Patel, M., & Naik, S. N. (2004).  $\gamma$ -Oryzanol from RBO – A review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 63, 569–578.
2. Fang, N., Yu, S., & Badger, T. M. (2003). Characterization of triterpene alcohol and sterol ferulates in rice bran using LC-MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(11), 3260-3267.

#### (4) 微生物發酵產 2,3-丁二醇應用：



### Biosynthesis of 2,3-butanediol through microbial fermentation – comparison of different carbon sources

Hsin-Yao Cheng, Chin-Chung Chen, Chang-Ting Tsai, Ai-Ling Kao, Jui-Hui Chen, Zheng-Chia Tsai  
Department of Biotechnology, Green Technology Research Institute, CPC Corporation, Taiwan  
(E-mail address: 296007@cpc.com.tw)



#### Introduction

The CPC Corporation is the foremost energy enterprise in Taiwan and is dedicated to the development of advanced technologies for green and sustainable future. Here we evaluate the ability of our locally-isolated strain CPCHYC002 to produce 2,3-butanediol, a value-add chemical, using different types of agricultural wastes or by-products in biodiesel process. Cellulose hydrolysate made from rice straws, molasses from a local fructose syrup company and crude glycerol from a local biodiesel vendor were used as the sole carbon sources in the fermentation tests. It was found that CPCHYC002 was capable of utilizing all carbon sources for growth and 2,3-butanediol biosynthesis. The maximum 2,3-butanediol concentration was achieved (28.47 g/L) when CPCHYC002 was grown in molasses-supplemented medium. When consuming cellulose hydrolysate, the highest 2,3-butanediol concentration was observed at an earlier time point (24 hr) than when the strain was using molasses (40 hr) or crude glycerol (60 hr). Both molasses and cellulose hydrolysate were found to be better choices of carbon source in terms of productivity, with much higher values (~0.6 g/L/h) at earlier time points (10 hr for cellulose hydrolysate and 40 hr for molasses) than that of crude glycerol (~0.3 g/L/h at 58 hr). In addition, the yield (g 2,3-butanediol/g carbon source) was much higher (0.476) when CPCHYC002 was grown in molasses containing medium than that when the strain was utilizing cellulose hydrolysate (0.226) or crude glycerol (0.317). The above investigations provided valuable information for further study of 2,3-butanediol biosynthesis via microbial fermentation. Future directions will focus on strain modifications and optimization of fermentation conditions, including pH control and fine-tuning of carbon source concentrations, for scale-up productions.

#### Materials and Methods

##### • Fermentation procedures

Strains were streaked on LB agar plates, incubated at 30°C for at least 24h, and single colonies were used to inoculate into LB broth. With agitation at 180 rpm at 30°C for 24 h, cultures were collected by centrifugation, washed and concentrated 5-fold in 1xM9 medium (Sigma, cat. #M6030, supplemented with 2 mM MgSO<sub>4</sub> and 0.1 mM CaCl<sub>2</sub>). Approximately 0.5 g/L culture was added into freshly-made fermentation medium containing carbon sources such as rice straw cellulose hydrolysate, molasses or crude glycerol (methanol removed), incubated with agitation at 180 rpm at 30°C, and aliquots were removed at specific time points, followed by pH measurements and quantitative analysis of soluble metabolites and residual substrates.

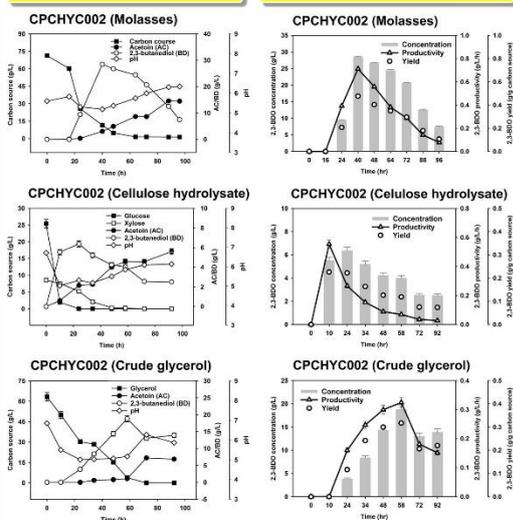
##### • Quantification of soluble metabolites and residual substrates

The concentrations of soluble metabolites including 2,3-butanediol (BD), acetoin (AC) and residual sugar in the fermentation medium were determined by high performance liquid chromatography (HPLC; Agilent 1260 Infinity Series) equipped with a differential refractive index (RI) detector and a BioRad Aminex HPX-87H column. Each sample was diluted 100-fold, passed through a 0.22 µm filter and separated at 65°C by using 4 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as the mobile phase at a flow rate of 0.5 mL/min. Soluble metabolites were identified via the comparison of each peak with that from a standard solution made of BD, AC, glucose, xylose, sucrose and glycerol. Quantitative results of each metabolite were calculated based on comparison of the integration values from each standard sample peak and shown as the average ± standard deviation from triplicate samples.

#### Results and Discussion

##### Carbon source, products, pH

##### Concentration, productivity, yield



• The pH values fluctuate between 5-7, and the maximum 2,3-butanediol concentration was observed (28.47 g/L) in molasses culture samples.

• Molasses and cellulose hydrolysate were better carbon sources, based on higher productivity (~0.6 g/L/h) at earlier time points (10 hr for cellulose hydrolysate and 40 hr for molasses) than crude glycerol (~0.3 g/L/h at 58 hr).

• Molasses outperforms the other two carbon sources in 2,3-BDO yield (g 2,3-butanediol/g carbon source) of 0.476 (vs. 0.226 of cellulose hydrolysate and 0.317 of crude glycerol).

#### Acknowledgement

We thank Chiung-Fang Huang, Dr. Gia-Luen Guo, Dr. Wen-Song Hwang (Cellulose Ethanol Project, Institute of Nuclear Energy Research, Taiwan) for providing the bacterial strains and insightful discussion in this project.

<b>2<sup>nd</sup></b> International Conference	<b>BIORESOURCE TECHNOLOGY</b> for Bioenergy, Bioproducts & Environmental Sustainability	16-19 September 2018 Sitges, Spain
<h1>Certificate of Presentation</h1>		
<p>We hereby confirm that:</p>		
<p>A.L. Kao</p>		
<p><b>Presented:</b></p>		
<p><b>Influence of crude glycerol addition on the biomass and lipid content of <i>C. orbicularis</i> CPC1215</b></p>		
<p>At:</p>		
<p><b>The 2<sup>nd</sup> International Biorestec Conference</b></p>		
<p><b>16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> September 2018, Sitges, Spain</b></p>		
<p><b>Nicola Marsh</b></p>		
		
<p><b>For and on behalf of Elsevier</b></p>		