



變廢為寶(上)

港事 聚焦



前言

香港每天產生逾7500噸垃圾，當中近50%即3750噸是廚餘，這些冷飯殘羹絕大部分運往堆填區掩埋，成為堆填區最為人詬病的臭氣源頭。為應對社會富裕衍生出愈來愈多的廚餘垃圾，全球科學家均大動腦筋，研究如何化廚餘為有用之物，這方面香港雖起步較遲，但成績令人驚喜。本報將一連兩天介紹本土科學家對廚餘的研究成果，但要把研究成果進一步轉化為工業生產，却仍存在不少難題。

城大首創生物提煉新技術

廚餘變塑膠

化身食具運動衫

細菌，有害菌也有益菌，化廚餘為有用物質，細菌是至關重要的「有益」工具。城市大學能源及環境學院助理教授連思琪便巧妙地利用生長在高原鹽湖的特殊細菌，成為全球第一位把廚餘變成塑膠原料的科學家，名副其實的「化腐朽為神奇」。

本報記者 梁康然



▲研究人員正在培植特殊細菌
本報記者 梁康然攝

城市大學2009年成立能源及環境學院，助理教授連思琪在學院多年來研究生物提煉技術。早前，她在國際科研會議公開表示，香港已擁有利用本地廚餘生產丁二酸（Succinic acid）及聚羥基丁酸酯（Polyhydroxybutyrate PHB）兩種塑膠原料的技術。

利用霉菌發酵提煉

連思琪接受本報訪問時說，生物提煉是研究以生物、農業廢物轉化為化學品、燃料等產品的技術，以廚餘生產塑膠原料是生物提煉其中一種。

「廚餘本身是食物，我們用天然霉菌將廚餘變成營養液，再以營養液繁殖特殊細菌，最後以化學方法從特殊細菌中提煉出有用的塑膠原料。技術概念很簡單，但實踐過程涉及很高的技術，例如控制細菌增長數量、維持發酵環境等等，單是將廚餘變成營養液就要用上許多不同的霉菌。」

連思琪接着說：「生產不同的塑膠原料也要用不同的特殊細菌，如丁二酸要用琥珀酸放線桿菌（Actinobacillus succinogenes）；生產PHB就要嗜鹽菌Halomonas boliviensis。特殊細菌要有特定的營養及環境才會生長，如果只將特殊細菌加在廚餘上，不會有效果出現。」

進行生物煉製丁二酸，需要用上黑麴霉、米麴霉兩種霉菌，將廚餘酵解變成營養液及氮，再將琥珀酸放線桿菌加入營養液中，並注入二氧化碳及碳酸鈣，讓琥珀酸放線桿菌進行無氧發酵，過程需時2至3日。之後把完成發酵的產物進行一連串化學工序，例如在酸性環境下加入活性碳，以化學物催化離子交換，再經過真空蒸餾，最後在攝氏4度低溫冷藏，就能得出結晶狀的丁二酸。

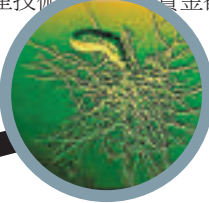
實用化遇兩大難題

生物煉製PHB過程類同煉製丁二酸，先需要用泡盛曲霉、米麴霉，酵解廚餘得出嗜鹽菌需要的養分。之後在加有嗜鹽菌的營養液中，混入氫氧化鈉、硫酸等，並保持在酸鹼度7.5%、攝氏35度的環境下發酵，期間需要衡速攪拌，發酵後的產物在攝氏75度環境下進行「迴流」蒸餾4小時，便能沉澱出PHB。

丁二酸和PHB是製造塑膠產品的重要原材料，可生產塑膠包裝盒、購物袋、食具、農耕膠膜、運動衣物、漆油等物品，香港雖然已掌握煉製這兩種原材料的技術，可是要達到實用生產，還有一段距離。

連思琪說：「在香港實用化這兩項技術存在兩大難題，首先是本地廚餘未經分類，但廚餘質素直接影響生物煉製的成效，廚餘供應不穩定或無甚養分，都難以大量生產；其次是實用化的資金不足，香港目前沒有人願意投資實用化研究，如建造所需廠房，培訓生產技術，資金都沒人提供。」

特殊細菌介紹

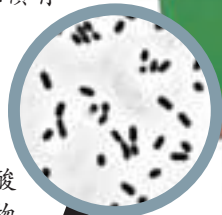


嗜鹽菌
(Halomonas boliviensis)

屬中度嗜鹽、嗜冷、抗鹽力高的細菌。牠在科羅拉達湖（Laguna Colorado）周圍的土壤中生長。該湖位於南美洲玻利維亞西南部，4300米高的阿爾蒂普拉諾高原上，湖中沉積有大量硼砂，是一座淡水鹽湖。

琥珀酸放線桿菌

（Actinobacillus succinogenes）
屬多形性細菌，有高耐受性，在弱酸性環境下活躍，具厭氧特性。在反芻動物如牛的胃中，通常與致病細菌共生。不單能生產天然的丁二酸，亦能生產醋酸、蟻酸等化學物。



亞洲部分地區廢物處理方式

地區	堆填	回收	焚化及其他
香港	52%	48%	0%
日本	0%	21%	79%
新加坡	48%	51%	1%
台灣	2%	52%	46%

回報期長 商人卻步

在海外，生產丁二酸、PHB是一盤大生意，但在香港，創造出來技術卻乏人問津，縱有商家感興趣，細問設廠投資細節後都打退堂鼓，主要原因是香港廚餘雜質太多，同時技術人員嚴重不足，培訓需時。

在港研發生物煉製技術的連思琪，早年在瑞士開發相關技術。她分析說，生物煉製是近年發展迅速的技術，早在10年前，歐洲多個先進科技國家已逐漸獲得研究成果，例如生物柴油、農作物煉製塑膠原料等，當中市民比較熟知的生物煉製日常用品，是可降解膠袋。

近年，生物煉製研究開始傾向研發廚餘處理技術，部分已達實用階段。如法國已有一條龍式的有機廢物處理工廠，工廠會將廚餘等有機廢物分類，分別用作生產肥料、燃料、化合物等，最後用無可用的渣滓，才運去堆填。

監控發酵需靠人手

連思琪認為，生物煉製技術已經成熟，惟香港仍處於起步階段，如要在香港實用化這些技術，首先要解決技術人員不足的問題，「因生物煉製涉及細菌變化，發酵過程更須24小時無間斷監控。例如廚餘藏有某些細菌，可能會影響特殊細菌生長或損害發酵反應，技術人員需要就不同的情況作出相應措施，以維持發酵穩定。這不是機器或電腦系統可以取代，必須由技術人員來判斷及作出應變處理。」

「要運作一家生物煉製工廠，需最少逾百名技術人員。即使是以速成班方式來培訓一般運作的技工，也需半年至1年時間，若要完全了解整套技術，需要花6年時間。」連思琪指出，目前香港只有少數人掌握有關技術，當投資者知道即使建好廠房，仍可能要花一兩年時間培訓員工才能夠投入生產。他們大都認為時間太長，加上香港未見有成功先例，更沒人願當「白老鼠」。

▼環境局局長黃錦星（左）和發展局局長張炳良（中）日前出席「廚餘有寶創意食譜比賽」頒獎禮時，呼籲港人減少廚餘
資料圖片



紙、金屬罐、玻璃瓶、舊衣服、塑膠瓶等。

台灣廚餘扶助農業

台灣就用廚餘扶助當地農業，如直接將廚餘加工轉成為豬隻飼養，不可吃的就變為有機肥料供予農戶。

香港政府5月公布「10年資源循環藍圖」，訂立清晰的減廢目標及垃圾處理設施發展方向，期望在2022年前，將垃圾棄置量減少40%，並籌備興建回收中心及焚化爐。

港可借鑑日星台經驗

現時全球處理垃圾方式離不開分類、回收、焚化及堆填。香港在分類、回收事宜上仍處起步階段。縱觀鄰近地區，日本處理垃圾措施最為完善，新加坡及台灣在處理垃圾方式上亦有供香港借鏡的地方。



日本分類回收垃圾

在日本，每周只有4天才收取家居垃圾，如周一、周四只收可燃類垃圾（植物、廢紙等），周二則收不可燃垃圾（陶瓷、砂土等），周五則是可回收再用垃圾（玻璃、塑料、金屬等）。



新加坡提供回收袋

新加坡在堆填區選址比較特別，把本島以南8公里、外海的兩個相連小島設置為堆填區。另外，新加坡在2001年4月起，向家居提供回收袋或回收桶，每半月回收可再用垃圾，如廢



▲環境局局長黃錦星（前排右三）4月初率立法會議員到韓國考察，圖為立法會訪問團參觀松坡資源回收中心，了解該中心如何利用厭氧分解技術處理廚餘
資料圖片