

藻類高價產品之開發與應用

生物科技中心 助理研究員／陳俊延
 生物科技中心 研究助理／沈玉玫
 化學工程系 特聘教授／張嘉修

微藻是一群微型藻類生物的總稱，存在於地球已有幾十億年之久，是地球萬物的起源，早在西元530年就已經被發現，可以從海洋、湖泊、河川等水域中分離純化出來，並在西元1640年開始作大量的培植，而臺灣屬於亞熱帶地區，四面環海之特性以致藻類資源相當豐富(圖1)，藻類應用於環境的幫助早已行之有年，舉凡二氧化碳減量、生質柴油應用、能源循環利用等已不勝枚舉，除此之外，微藻本身含有鈣、磷、鐵等多種礦物質，更富含色素類如葉黃素、藻藍素、蝦紅素、 β -胡蘿蔔素等，以及多種維生素群，其維生素B12、鐵質含量比肝臟高、鈣質含量也比牛奶更高，因此近年來更將藻類的研究範圍推向保健食品、化妝品以及醫藥用途等進行深入探討。歐、美、日等先進國家，均以分離特殊藻種並經純化後大量培養，萃取藻類中具保健、醫療功效等成分或代謝物，進行濃縮或純化，用以補充營養素或提升身體機能。



圖1 形形色色的微藻樣貌

藻類於保健食品市場之應用範圍

拯救海洋・安全補腦

微藻 (Microalgae) 具高生長速率、高光能利用效率和固定二氧化碳效率，且微藻藻體可應用於生質能源、健康食品與醫藥等之生產，儼然成為眾所矚目的綠色永續生物精鍊科技。在微藻類含有的高價值成分中，最具有商業化潛力的應是多元不飽和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acid, PUFA)、多醣體以及蛋白質。EPA/DHA屬於長碳鏈不飽和脂肪酸，不僅是構成高等動物細胞的重要成分之一，亦是組成磷脂、膽固醇酯的重要脂肪酸，其具有多種重要的生理功能。

EPA/DHA之主要來源為深海魚類之動物性油脂所提煉，其他常見之未飽和脂肪酸可從植物或動物攝取。聯合國專家於2010年5月提出警訊，除非能減少捕魚船隊以使魚群復育，否則到了2050年時，全世界可能會出現海洋無魚之結果；目前市售之EPA/DHA多從魚油加工提煉，其EPA/DHA含量約為30至50%，因EPA/DHA是從魚油萃取而來，因此，衍生許多有關環境以及人道的問題，且傳統魚油精煉所得到的未飽和脂肪酸具有令人難以忍受之腥味以及重金屬污染之虞。目前市面上出售的100多種魚油，約10餘種魚油含有不同比例的聚乙炔苯，聚乙炔苯對人體有害，進入人體內之後，可導致癌症、引起生育系統紊亂、以及可能破壞神經系統，但目前為止尚未對魚油中所含聚乙炔苯的比例做出安全量標準的規範。

因此，尋求魚油的替代來源以解決人類未來糧食問題與多元未飽和脂肪酸來源乃當務之急。藻油中的EPA/DHA可因藻種而有不同程度之含量，以綠藻 *Chlorella*所做之研究中，也證實在適當之培養條件之下， ω -3系列多元不飽和脂肪酸生成量可達總脂質之一半以上。此外，利用微藻光生物反應器進行微藻大量培養以生產PUFA(圖2)，極具有市場競爭力並有以下優點：

1. 經過密閉程序，直接從微藻中提取有效成分，整個生產過程都按照cGMP進行生產。
2. 除了可直接提供給素食者食用外，其製程亦可排除重金屬以及環境荷爾蒙之影響。
3. 除了以藻油提煉EPA/DHA外，亦可將微藻做為養殖漁業之飼料源，如此便可增加養殖魚類之不飽和脂肪酸含量，提升人類食用魚之品質。
4. 以海洋微藻進行光合作用，可以減少CO₂量，以減緩溫室效應發生。

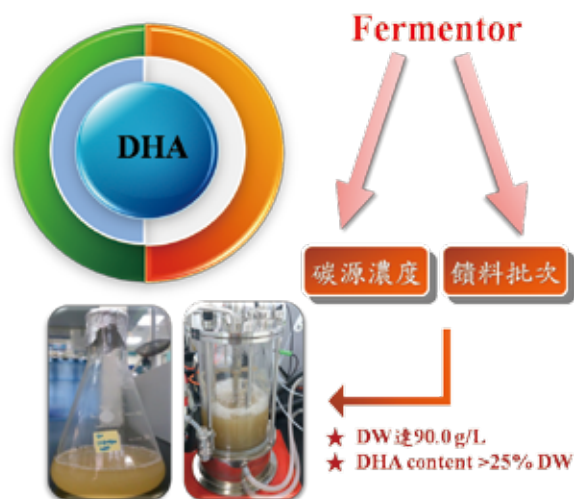


圖2 微藻DHA量產技術流程

抗氧始祖 青出於藍

藍綠菌，是一群存在於地球上超過35億年的一群遠古生物，也是目前發現到最早開始行光合作用的物種，地球形成的初期正是因為藍綠菌的存在得以使原本無氧的環境漸漸變成有氧環境，進而衍生出更多豐富的物種。而螺旋藻(圖3)屬於藍綠菌的一種，其藻體中富含藻膽蛋白，藻膽蛋白為藍綠菌體內之捕光色素蛋白，可有效捕捉部分葉綠素較難吸收的可見光光波長，並將其能量傳遞至葉綠素中以提升光合作用效率。在所有的藻類中，螺旋藻是一種具高生長速度、高CO₂固定能力以及高附加價值的藻株，其二氧化碳固定能力可達 1200-1400 mg L⁻¹ d⁻¹，足足是一般陸生植物的4-6倍；又藻藍素有許多功效，可被有效運用在不同領域如製藥業、化妝品業等，一直以來受到相當大的重視及被廣泛的研究。

本研究團隊利用扁平式光生物反應器模組，其藻體生產效能提升近2.1倍；在建構最適化藻藍素生產條件(圖4)，藻藍素生產效能達到 0.126 g/L/d，同時CO₂固定率達到 1680 mg/L/d；直接利用緩衝溶液所造成的滲透壓去進行藻體破碎之方法可得到最佳的藻藍素萃取效果，只需12小時之萃取時間即可達到95%以上的回收率；最後，將藻藍素進行機能性分析，確實具有很高的抗氧化能力，在FRAP測定、清除DPPH自由基以及清除超氧陰離子表現上都有亮眼的成績。



圖3 *Spirulina platensis* 之表面型態(放大400倍)



圖4 藻藍素型態

快速量產·有效護眼

由於資訊發達，預防醫學觀念普及等因素，造成台灣民眾保健意識逐漸抬頭，在預防勝於治療的觀念下，眼睛保健類的產品更是具有舉足輕重的角色，在2011年葉黃素相關之眼睛保健食品，銷售額達到65億新台幣，顯示近年民眾對於眼睛保健類的產品需求逐年攀升。葉黃素因其具良好之抗氧化能力，並確效具有降低黃斑部病變之能力，故成為近年來最暢銷的眼睛保健類產品之一，但因傳統葉黃素的來源為菊科植物的金盞花，其因受限於季節而有產量供應不及的問題，而利用微藻作為料源不但具有生長快速、四季皆可採收、佔地面積小等先天優勢外，在經過放大可行性評估及計算後，每天每公頃約可產出2400 g的葉黃素，是目前商業製程的800倍。由此可推論，利用微藻生產葉黃素之培養及低成本萃取程序具有許多無可取代之優勢及商業潛力。

本技術研發團隊結合成功大學生物科技中心、化工系、生物科技所、化學系以及機械工程學系等多位教授與研究員進行跨領域合作，共同研發微藻葉黃素萃取及分析等一系列之葉黃素產品開發流程，目前已篩選到具高葉黃素產量之微藻(圖5)，將培養完成之微藻進行冷凍乾燥後，作為葉黃素萃取、純化及分析測試之料源。目前本團隊開發出一套高效率之葉黃素萃取技術及純化技術，利用此技術可大幅縮短葉黃素萃取及純化時間，進而加速微藻葉黃素產品之開發與量產。

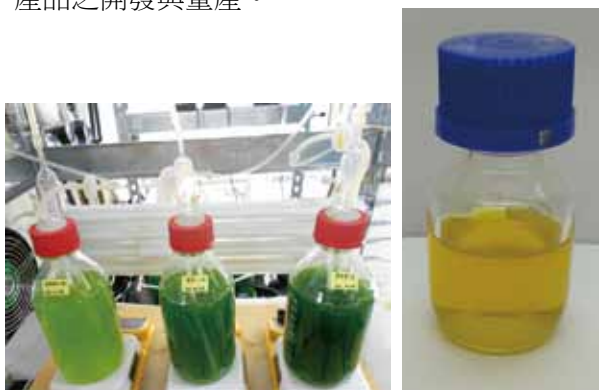


圖5 室內葉黃素藻種培養以及葉黃素型態

紅色寶石・安全珍貴

蝦紅素(Astaxanthin)為一種天然的紅色色素，屬類胡蘿蔔素的一種，因其具有高效抗氧化活性，其抗氧化能力約為維生素E的550倍、 β -胡蘿蔔素的10倍、葉黃素的200倍、Q10的150倍，因此除作為色素使用之外，亦開發為保健食品或化妝保養品，歐美及日本市場多年前即研究將蝦紅素運用於保健食品上，而近年來台

灣也紛紛推出以蝦紅素作為保健食品的相關產品，其市場潛力非常龐大。蝦紅素因其抗氧化能力及其鮮豔的色素，亦可作為飼料添加劑，用以增加魚肉或蛋黃之色澤及營養價值，因此亦廣泛被作為水產或畜禽飼料。

蝦紅素依其來源可分為天然及合成兩大類，雖人工蝦紅素成本較為低廉，且安定性較佳，但因近來研究發現人工合成蝦紅素有造成肝、腎衰竭以及生育率下降等問題，美國FDA已禁止使用人工蝦紅素。雖其具有龐大之市場，但因其產量稀少，目前天然蝦紅素的生產大多是使用雨生紅球藻作為主要的生產來源，但因其生長較為緩慢且培養不易，1公噸的藻水僅能生產數十毫升的蝦紅素原料，故於市場上供不應求，因此近來積極尋求其替代的量產來源。

本實驗室近年來陸續於南台灣水域中篩選出具有生產蝦紅素潛力之藻種，經過長期的培養、馴化及測試之下，目前已可有效且快速地生產天然蝦紅素(圖6)，10天的操作期間其生物



圖6 破囊壺藻的培養與經濟價值

濃度可高達80 g/L，是雨生紅球藻的近25倍，年產量可達126 Kg，預估年營業額可達2500萬元。今年度本實驗室首次以此題材參加科技部舉辦之「創新創業激勵計畫」選拔競賽，並於眾多隊伍中脫穎而出獲得『創業潛力獎』，目前眾多廠商皆對蝦紅素成品具有高度興趣，未來不排除有更多產學或技轉的合作機會，以期將本土微藻更廣泛應用並推向國際化。

前文提及，DHA的來源大多為深海魚類之動物性油脂，但長期捕獲下恐導致海洋生態失衡，而本團隊經過多年努力篩選得一株純天然、非基因改造的異營性藻株，可在無需照光的情況下生長，並且可同時生產天然蝦紅素及DHA，在使用本團隊研發之顆粒化培養技術下，不僅可大幅提升藻體濃度、蝦紅素及DHA的累積量外，更可縮短其生產時程，相較於傳統天然蝦紅素來源，單位體積藻體產量可提升170倍、蝦紅素產量提升41倍，且同時可生產含量為藻體重量25%的DHA，進而DHA產量提升212倍，故僅需小規模的場地即可取得龐大的產值，將成為天然蝦紅素及DHA優良之替代來

源。最後利用二氧化碳超臨界萃取技術有效萃取，增加商品化多樣性發展，以獲取商品最大經濟效益。

藻類於美妝保養品市場之應用範圍

國內目前藻類養殖大多應用於健康食品的領域，鮮少應用於香妝產品之技術開發，國外目前有關微藻香妝產品也僅停留在學術研究的階段，並無量產香妝產品藻種之開發技術。儘管如此，因應市場需求，目前國內開發以藻類為訴求的保養品，藻類活性成份大部份由國外進口，但最大的問題在於成分標示不清楚以及誇大功效。根據過去的研究成果發現，優勢藻種所萃取得到的生物活性物質，可同時具有美白以及抗氧化的功效，與市面上標榜藻類萃取保養品相比，更具有全方位的保養功效，可以達到一瓶抵用多瓶的優勢，並幫助產品提升整體之有效性與附加價值。

褐色黃金 創造美妝醫療奇蹟

從學術文獻及國內外相關產品研究趨勢中發現，加拿大、日本等國及歐洲地區對於褐藻中的褐藻多醣的研究相當多，同時也成功的應用於保健市場，但在台灣之相關產品則是少之又少。目前國內標榜具有調節免疫功能的市售產品有冬蟲夏草多醣體及牛樟芝多醣體兩大類，但因為菌絲體的培養需要投入大量的設備與人力管理成本等，因此售價頗高。像褐藻醣膠這類利用海洋動植物所蘊藏的機能性成分研

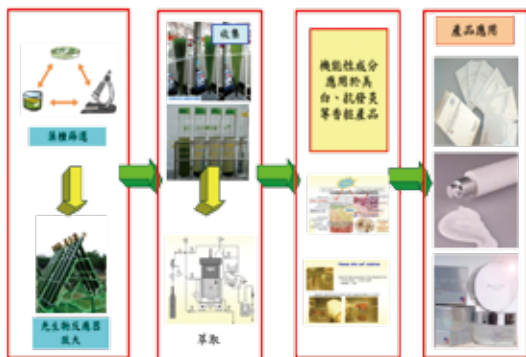


圖7 微藻應用於香妝產品之技術開發

