

微藻生物質的應用

顏宏偉、翁培翔、周金言、陳慶隆、鄭捷倫、陳俊延、林志生、張嘉修

微藻中含有豐富的脂質、醣類化合物、蛋白質、色素等有用生物質，在經過精煉高值化處理後，可生質燃料與各類化學品，而得以減緩石油消耗速率及提高能源使用的永續性。

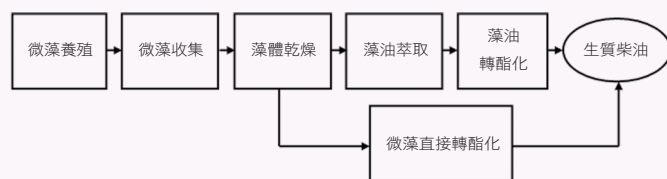
需以顯微鏡才可觀察到的單一細胞微藻有很高的經濟價值。例如以微藻為原料，把藻體中的脂質經轉酯處理可生質柴油，經加氫處理可生產航空燃油；藻體的醣類可經水解發酵後做成生質燃料和各類化學品；藻體的蛋白質可做為飼料；藻體中含有色素、藻膽蛋白等物質；藻株整體也可經高溫高壓轉化處理和化工煉製以生產燃料與化學品。

這種藻株完全利用的微藻精煉未來可取代部分以石油為原料的煉製，減緩石油消耗的速率。再者，微藻利用二氧化碳做為自營性生長碳源，微藻燃料使用後再排出二氧化碳，這種生質燃料碳中和的概念可提高能源使用的永續性。因此，如何進行微藻高值化已成為微藻發展技術中相當重要的一環。

油脂的應用

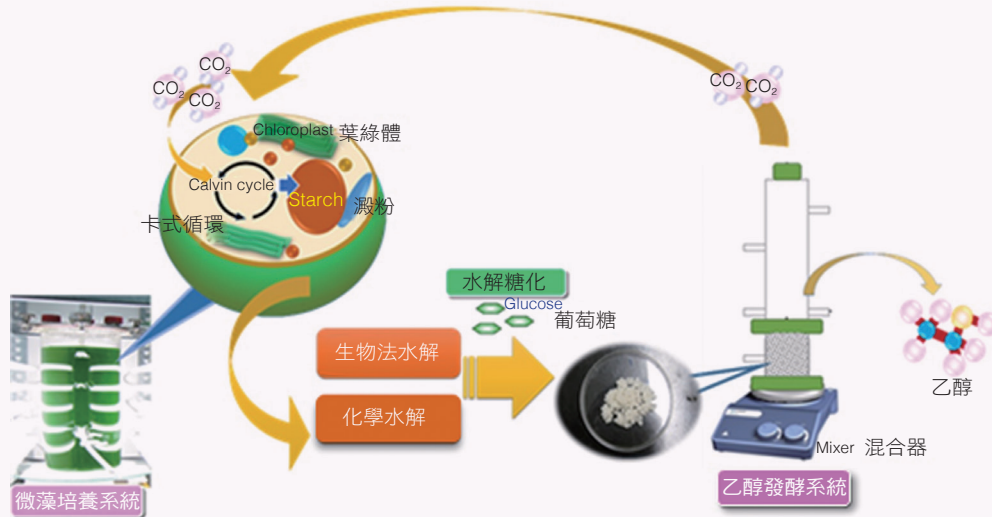
生質柴油因有安全性高、便於貯存與運輸、可直接應用於現行的柴油引擎等優點，成為近年來各國生質能源開發應用的主流。

生質柴油的原料可使用動物脂肪或植物油脂。常用的植物油包含大豆油、葵花油、椰子油、棕櫚油、菜籽油、橄欖油等，但以這些植物油為原料，會發生與民爭食、與糧爭地的情形，



微藻生質柴油生產流程，第1個途徑是先萃取出藻油再轉酯化，第2個途徑則是藻體收集乾燥後，就直接以含油藻體為原料進行轉酯化。

藻株完全利用的微藻精煉未來可取代部分以石油為原料的煉製，減緩石油消耗的速率。



微藻酒精製程示意圖

造成糧食危機。一些低品質油品如廢食用油就成為新一代的料源，但數量無法完全滿足市場所需，各國乃致力於新生質柴油原料的開發。

微藻因為具有下列優點而備受矚目：可在海水中培養，大幅減少淡水資源的耗費；可以工廠煙道氣為碳源培養，也可利用含氮磷的廢水為營養源，符合減碳概念且大幅降低養殖成本；不需要使用耕地養殖，不會與糧食作物爭地；生長速率與單位重量所含的熱值都遠高於其他能源作物；能同時產出生物燃料的原料及其他高經濟價值的產物；太陽能的利用率遠高於陸生植物，單位耕作面積的藻油產量更遠大於其他產油作物。

在可預見的化石能源匱乏年代，生質柴油的發展是微藻精煉製程中最主要的議題，如何獲得便宜且具有能源效益的微藻生質柴油是關鍵所在。

碳水化合物的應用

在眾多再生能源選項中，生質酒精是最容易直接利用的生質能源，因其具有多項特點，如傳統糖質與澱粉系統的酒精發酵生產技術成熟、可立即添加於目前使用石化汽油的內燃機系統、能降低二氧化碳排放量與環保減廢。因此，生質酒精一直是各國非常重視的再生能源之一。

至 2012 年止，全球利用傳統糖質與澱粉為原料所得到的生質酒精約 820 百萬公秉，估計 2020 年將達 1,600 百萬公秉以上。以傳統澱粉質為原料，最主要是美國的玉米酒精，但其能源與減碳效益有限。至於糖質原料主要是甘蔗與甜菜，巴西甘蔗酒精是目前能源及減碳效益最高的。

然而，由於能源（主要是汽油）的需求遠高於現有的糖質與澱粉原料所能提供的酒精產量，在有限可耕地與目前的農業

微藻利用二氧化碳做為自營性生長碳源，微藻燃料使用後再排出二氧化碳，這種生質燃料碳中和的概念可提高能源使用的永續性。

生產架構下，全球使用傳統原料生產的酒精僅能替代部分的汽油。

近年來，第3代微藻料源的發展使微藻酒精生產製程備受重視。微藻藻體的碳水化合物主要來自細胞壁及葉綠體上的澱粉，而微藻細胞壁的主要成分是纖維素，不含木質素且鮮少半纖維素，由於微藻不含木質素，不需像木質纖維素一樣進行前處理就可水解糖化，因而可降低成本、減少環境汙染與能源消耗。又由於微藻鮮少半纖維素，以水解液進行酒精發酵，可避免半纖維素發酵效率不彰的問題。

微藻酒精因料源微藻藻體來自環境中，並藉由吸收二氧化碳光合作用所形成，且能生生不息地循環使用，因此成為最受矚目的替代能源之一。

色素類的應用

自古以來，藻類就是一種健康食品，近年來的研究也證明了許多微藻的特殊生物功效，其中又以色素類成分最受重視。微藻含有許多色素，不僅只有為人熟知參與光合作用的葉綠素，還有其他主要功能在於提高光合作用效率的輔助色素，這些色素類物質都具有高抗氧化能力，其中又以葉黃素與蝦紅素最受矚目。

存在於人類視網膜上的葉黃素，主要是吸收紫外線及輻射光源所產生的自由基，若能維持足夠的葉黃素，就能降低對視網膜的氧化傷害，預防白內障及黃斑部病變。但葉黃素無法由人體自行合成，必須透過飲食適當地補充。



微藻可做為水產餌料和家禽家畜飼料添加物

目前市售的葉黃素大多從金盞花的花瓣萃取而得，但利用金盞花生產葉黃素有氣候、土地面積等的限制。相較於金盞花，微藻生長速度較快，且品質與產量有較高的可預期性；培養所需要的土地面積小；葉黃素的含量較高。因此，近年來使用微藻生產葉黃素的研究逐漸增加。

生產蝦紅素的主要微藻種類是雨生紅藻。相對於常見的抗氧化劑如維生素 E、Coenzyme Q10 等，蝦紅素擁有極佳的抗氧化能力。雖然蝦紅素屬於天然類胡蘿蔔素家族的一員，但不會轉換為維生素 A，且可以通過血腦障壁與視網膜以保護腦部中

微藻含有許多色素成分，這些色素類物質大都具有高抗氧化能力，其中又以葉黃素與蝦紅素最受矚目。

樞神經。因此，近年來高產量蝦紅素的藻類篩選與改善培養製程也頗受重視。

蛋白質與其他成分的應用

微藻的藻體中含有高量的蛋白質，如某些小球藻株的蛋白質含量高達60%以上，且胺基酸種類多且含量豐富，比一般食物更具有完整的胺基酸組成。加上微藻含有脂質、維生素、微量元素等生物功效性物質，營養價值很高，十分適合開發成水產餌料和動物飼料添加劑。

常見的餌料生物有微藻、輪蟲、橈足類及豐年蝦，微藻除了是某些魚蝦苗生長必要的餌料外，其所含的 $\omega-3$ 多元不飽和脂肪酸如EPA、DHA，對魚苗生長發育也有所助益，可增加幼魚的活動力與存活率。而且，維生素C是魚體中神經傳導的重要調控成分，微藻中的維生素C可經由食物鏈累積於魚體中，增加魚體中維生素C含量，加強神經傳導功能。微藻還可做為輪蟲、橈足類、豐年蝦等餌料生物的食物，強化餌料生物的營養成分，使幼魚攝食後獲取豐富的營養。

微藻也可做為蝦貝類如牡蠣、鳳螺、海水蝦、海膽、海參、九孔等的餌料使用，且可解決水產生物幼苗於初期餵食時常見的餌料大小和營養需求問題。

微藻中的色素也常用於水產生物的增色，如餵食鮭魚富含類胡蘿蔔素（如蝦紅素）的微藻後，魚肉色澤提升，增加了商業價值。

另外，微藻含有動物所必需的胺基酸高達8種，其中又以離胺酸是動物飼料中最重要的胺基酸添加物，對於畜牧產業中的養豬業尤為重要，有助於增加豬隻日增重與瘦肉率，有效提高豬隻的品質與產量。

再者，藉由飼料中微藻的添加，其中的特定色素可使畜禽肌肉組織呈現更健康的

色澤、多醣成分如葡聚醣可提升免疫力以降低動物致病率、 $\omega-3$ 多元不飽和脂肪酸與抗氧化物質可降低動物總膽固醇含量及肉品儲存時的氧化速率。飼料中添加微藻可增加公豬精子量和促進母豬乳汁分泌，增加幼豬的存活率；微藻飼料添加物應用於蛋雞上，可明顯增加蛋產量和重量；富含蝦紅素的微藻添加於蛋雞飼料中，不僅能提高蛋黃的色澤，也能生產富含蝦紅素的機能蛋，對精緻化蛋雞產業有很大效益。

隨著民眾生活水準的提高及海洋漁業的提供量逐漸減少，乾淨衛生的水產養殖和畜牧飼養的產品需求與日俱增。目前，微藻產業僅有小球藻和螺旋藻可大規模量化生產，因此微藻在生物飼料的應用上，未來有很大的發展空間。

台灣四面環海，具日照充足與溫度適合微藻生長的條件，發展微藻工業有得天獨厚的優勢。

顏宏偉

東海大學化材系

翁堉翔、周金言

台灣中油股份有限公司綠能科技研究所環保科技組

陳慶隆、鄭捷倫、張嘉修

成功大學化工系

陳俊延

成功大學生物科技中心

林志生

交通大學生物科技系
