

濕式眼蟲藻體之藻油萃取

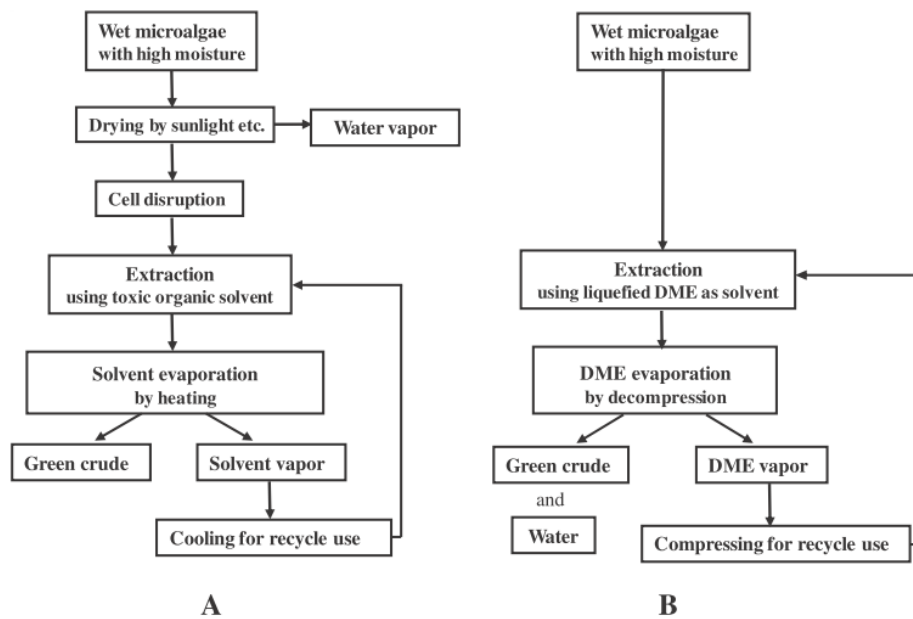
未來石油供應量與氣體排放造成的溫室效應等全球性問題，促使科學家以微藻研發生質燃料生產的方法，成為未來航空燃料的新來源。研究指出眼蟲(*Euglena gracilis*)藻體所含的油脂特性，遠比其他微藻所含的油脂更適合轉化成航空燃油。日本全日航空公司於 2015 年 12 月宣布，將成立亞洲第一家生物燃料的供應商，由日本眼蟲公司在橫濱設置航空燃油的生產示範工廠，以美國雪弗龍公司的技術支援，將眼蟲微藻進行航空燃油的生產預計 2018 年開始運作。此示範工廠的建造花費約 30 億日圓(約 24 億美元)，每年生產 125 萬升航空燃油(33,000 加侖)，並以 10%含量添加於航空燃油，提供給維珍航空及日本航空等公司使用(Chris *et al.*,2015)。

眼蟲可以產生大量的蠟酯，主要成份包括中鏈脂肪酸、醇與 C14:0 的十四烷酸(肉荳蔻酸)，是航空燃油良好的原料來源。眼蟲在有氧培養條件下藻體會儲存多醣，以 β -1,3-葡聚醣(副澱粉)為主要成份。在缺氮條件下培養，副澱粉被降解而生合成蠟酯累積於藻體中。目前已有學者利用基因工程技術，使眼蟲在光合作用時增加副澱粉之產生，以提高蠟酯的生產能力(Takahisa *et al.*,2015)。

眼蟲以傳統萃取方法進行航空燃油的生產，主要以有氧和缺氮的培養方式增加藻體油脂累積，藻體進行乾燥後以正己烷溶劑萃取。過程中高含水量的藻體需消耗大量的能源進行多次固液分離步驟，另外萃取溶劑危害環境等問題而難以達商業規模，建立一個安全低成本的藻油萃取方式將是決定性的步驟。因此濕性藻體萃取的方法也漸漸被發展出來，利用親水性有機溶劑或超流體技術等進行藻油萃取，由於濕式藻體通常形成粘稠漿狀，使得萃取效果不佳以及污染問題，目前以上方法仍無法實際進行產業應用(Hideki and Peng, 2011)。

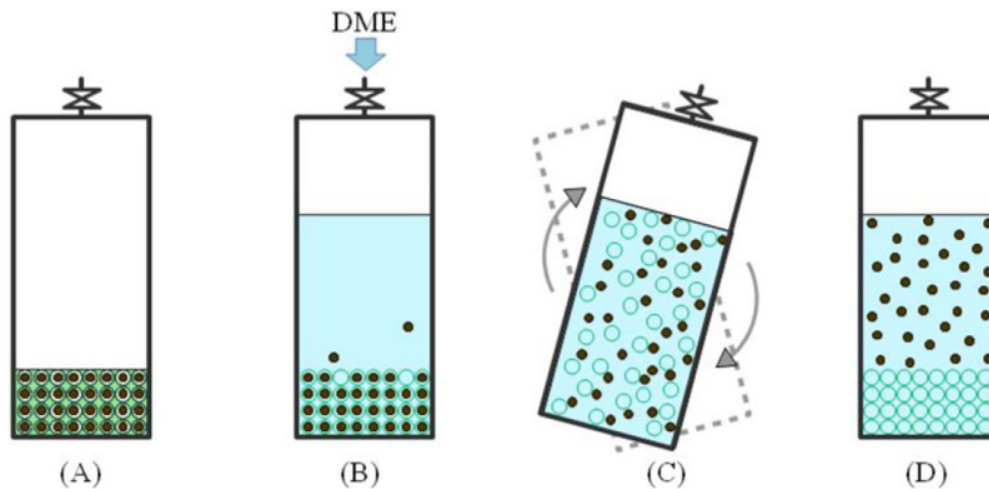
Kiyoshi *et al.* (2016)進行眼蟲溼式藻體的藻油萃取研究，此法簡化藻體乾燥、細胞破碎和溶劑加熱等萃取步驟(圖一)(Hideki and Peng, 2011)，經實驗結果萃取效果與正己烷傳統萃取無太大差異。眼蟲溼式藻體的藻油萃取主要使用萃取溶劑為液化

DME (dimethyl ether, 二甲醚), DME 是很容易液化與輸送的一個乾淨無色氣體。屬於多用途的燃料和化學原料, 具有生物可降解性, 無腐蝕性的無色氣體, 並在洩漏的情況下不會污染土壤或含水層且不具毒性。液化 DME 與油脂具有高親和性, 並且在藻體少量含水情況下可與藻體均勻混和, 並有效萃取出藻油。將眼蟲藻株以液化 DME 進行實驗室規模測試, 依生產航空燃油的培養模式進行藻體培養使其蓄集足量油脂, 並以未乾燥的眼蟲藻體形式加入液化 DME, 室溫 20°C 下進行液化 DME 混和比例與萃取震盪時間等測試(圖二)。眼蟲藻體總含油量約為 19.7%, 利用不同量的液化 DME 與濕式的藻體混和, 當眼蟲藻體與液化 DME 比例為 1:8 時, 可達 96.7% 藻體油脂萃取量(圖三)。對於萃取震盪時間的影響, 由測試結果得知震盪 1 分鐘油脂萃取率即可達 84.6%。震盪 5 分鐘即可達最高油脂萃取量。另外若僅以靜置方法進行萃取, 測試時間達 15 小時只有 1.3% 油脂擴散到液化 DME 層(圖四), 可知震盪為液化 DME 萃取方法之關鍵步驟。將液化 DME 震盪萃取的油脂與正己烷萃取的油脂, 進行凝膠滲透色譜(Gel Permeation Chromatography、GPC) 比較分析, 得知這些曲線相互對應(圖五), 表示雖然液化 DME 與正己烷兩溶劑極性不同, 正己烷所萃取出的主要化學組成份, 可用液化 DME 來萃取回收, 得知此法可成功進行眼蟲藻油的萃取。分析液化 DME 進行眼蟲藻油萃取過程主要能量消耗是液化 DME 的回收, 液化 DME 的回收通常以蒸發或冷凝的方式進行, 與其它常規的萃取溶劑相比, 由於液化 DME 接近環境沸點且蒸汽壓力較低, 因此能耗遠低於其他萃取溶劑, 目前已有研究者著手研發, 低能耗的液化 DME 回收方法, 未來將有助於商業規模的發展。



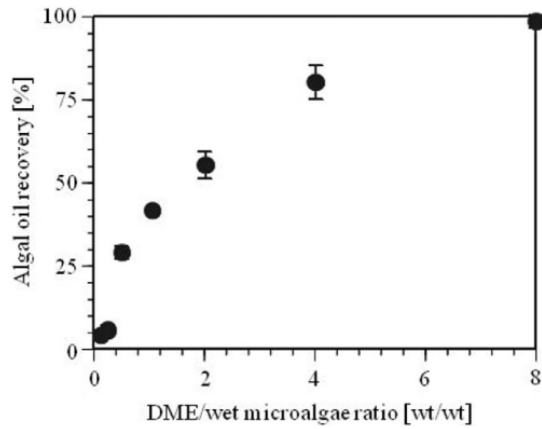
圖一 液化 DME 的萃取方法與傳統的萃取程序比較示意圖(Hideki and Peng, 2011)。

- (A) 正己烷傳統方法。
(B) 液化 DME 萃取方法。



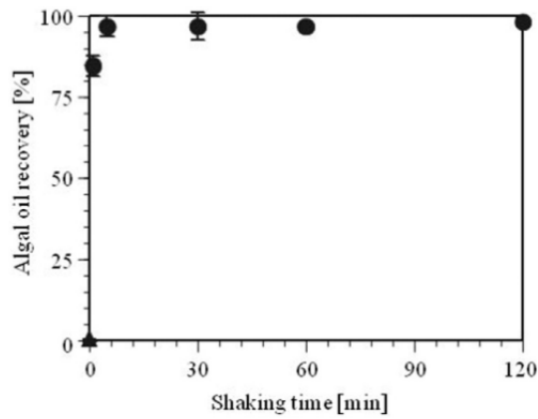
圖二 以液化 DME 法進行眼蟲藻油萃取(Kiyoshi *et al.*, 2016)。

- (A) 將含水分的眼蟲藻體放置於萃取容器中。
(B) 加入液化 DME 試劑與藻體進行混和，少部分的油脂開始擴散至液化 DME 層。
(C) 利用震盪使藻體破裂油脂溶於液化 DME 層。
(D) 經靜置或離心使油脂與藻體分離。

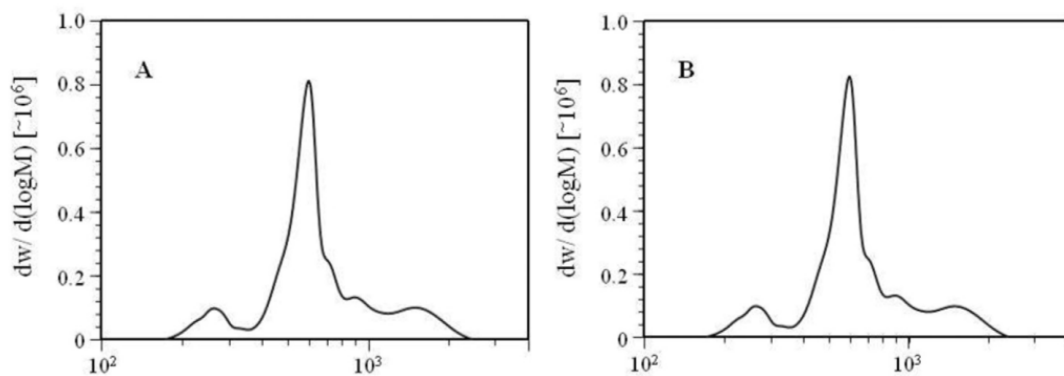


圖三 液化 DME 溶劑對濕性眼蟲藻體之萃取效率(Kiyoshi *et al.*, 2016)。

當藻體與液化 DME 比例為 1:8 含量比，可有效萃取藻體內之油脂達 96.7%。



圖四 萃取震盪時間對眼蟲藻油之萃取效率(Kiyoshi *et al.*, 2016)。



圖五 萃取藻油進行凝膠滲透色譜分析的分子量分布曲線圖(Kiyoshi *et al.*, 2016)。

(A) 以液化 DME 進行濕性眼蟲藻油萃取。

(B) 眼蟲藻體經乾燥與細胞破碎預處理，並利用正己烷進行藻油萃取。

参考文献:

Hideki Kanda and Peng Li .2011.Simple extraction method of green crude from natural blue-green microalgae by dimethyl ether. Fuel 90 (1264–1266).

Kiyoshi Sakuragi, Peng Li, Nobuo Aoki, Maromu Otaka and Hisao Makino. 2016. Oil recovery from wet *Euglena gracilis* by shaking with liquefied dimethyl ether. Fuel Processing Technology 148(184–187).

Takahisa Ogawa, Masahiro Tamoi, Ayako Kimura, Ayaka Mine1 , Harumi Sakuyama, Eriko Yoshida, Takanori Maruta, Kengo Suzuki, Takahiro Ishikawa and Shigeru Shigeoka. 2015. Enhancement of photosynthetic capacity in *Euglena gracilis* by expression of cyanobacterial fructose-1,6-/ sedoheptulose-1, 7-bisphosphatase leads to increases in biomass and wax ester production., Biotechnology for Biofuels 8(80).

Chris Cooper, Kiyotaka Matsuda, Chisaki Watanabe. 2015. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-01/ana-to-use-euglena-jet-fuel-made-from-green-algae-at-japan-plant>(最終檢視日期 2016/06/13)