

淺談長松藻中調節體脂肪之功效性成分

林慧秋、邱韻霖、廖紫嫻

水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

近年來，肥胖人口大幅增加，導致醫療保健負擔增加和預期壽命縮短。腹部肥胖是代謝症候群的高風險因子。市售抗肥胖學名藥，例如 orlistat 和 sibutramine，雖被認為可以協助適度的減肥，並已獲准於臨床上長期使用；但是，藥物所帶來的副作用經常是不可避免的 (Rodgers et al., 2012)。因此，具有抗肥胖潛力的天然物將倍受矚目。藻類等海洋植物通常在許多沿海地區被用作食物、工業原料或肥料的來源。近年來，來自海藻的功能性和生物活性化合物受到了越來越多的關注。岩藻黃質 (fucoxanthin) 一種來自褐藻的類胡蘿蔔素已被證明在小鼠、大鼠和人類受試者中具有顯著的抗肥胖特性 (Ha et al., 2013)。富含岩藻黃質的海藻萃取物和純化的岩藻黃質在減少脂肪組織重量和調節脂質代謝方面都具有顯著性功效 (Jeon et al., 2010)。虹吸黃質 (siphonaxanthin) 是存在綠藻中的葉黃素，譬如長松藻 (*Codium cylindricum*)、刺松藻 (*Codium fragile*)、長莖葡萄蕨藻 (*Caulerpa lentillifera*) 和日本石蓴 (*Umbraulva japonica*) (Takaichi et al., 2011)，過去的研究指出，虹吸黃質具有抗血管生成和凋亡誘導活性 (Ganesan et al., 2010, 2011)，這種功效可能來自虹吸黃質對多種細胞激酶的抑制作用，包括蛋白激酶 B (Akt) 和胞外訊號調節激酶 (ERK) (Ganesan et al.,

2013)。虹吸黃質是葉黃素的一種氧化代謝產物，它的結構包含一個 $8\text{ C}=\text{C}$ 雙鍵和一個位於 C-8 的 1 酮基的共軛體系，類似於岩藻黃質 (Walton et al., 1973)。除了這些結構之外，虹吸黃質在 C-19 處還具有一個額外的羥基，這可能有助於它比其他類胡蘿蔔素更有功效 (Sugawara et al., 2014) (圖 1)。

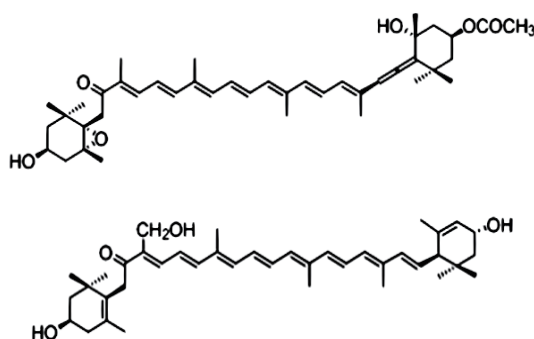


圖 1 岩藻黃質 (上) 及虹吸黃質 (下) 化學式

實驗評估富含虹吸黃質的長松藻對飲食誘發的 C57BL/6J 小鼠肥胖的影響：給小鼠餵低脂飼糧 (LF；7% 脂肪，w/w)、高脂飼糧 (HF；35% 脂肪，w/w)、補充 1% [1 GA (green algae)] 或 5% (5 GA) 的高脂飲食長松藻粉，持續 78 天，結果顯示 5 GA 組的小鼠體重和腎週白色脂肪組織 (WAT) 的重量均顯著低於 HF 組。與 HF 組相比，在 1 GA 和 5 GA 組中，腸繫膜 (mesenteric) 和總 WAT 以及血漿和肝膽固醇的濃度趨於降低。每日餵飼長松藻粉可降低腸繫膜 WAT



和總 WAT 中脂肪生成相關基因的表現，並增強能量消耗相關基因的表現。虹吸黃質可能經由抑制腸繫膜上白色脂肪組織的堆積進而預防肥胖。此外，富含膳食纖維的長松藻可能經由吸附油脂，進而減少腸道吸收作用。總之，這些結果表明富含虹吸黃質的長松藻可能有益於預防肥胖和調節脂質代謝 (Li et al., 2018)。

另一實驗使用 3T3-L1 脂肪細胞試驗和糖尿病 KK-Ay 小鼠評估了虹吸黃質的抗肥胖作用。在有或沒有虹吸黃質的條件下分化 3T3-L1 細胞，並檢測脂質積累和脂肪形成的關鍵基因表現。動物試驗每天口服 1.3 mg 虹吸黃質的 4 週齡的雄性 KK-Ay 小鼠，持續 6 週，並評估體重，內臟脂肪重量，血清和脂質代謝的基因表現。結果顯示虹吸黃質有效抑制脂肪細胞分化。虹吸黃質在濃度 2.5 和 5 mmol/L 時分別顯著抑制脂質積累 29% 和 43%。KK-Ay 小鼠口服虹吸黃質顯著降低了白色脂肪組織 (WAT) 的總重量 13%，尤其是腸繫膜 WAT 的總重量減少了 28%。此外，虹吸黃質的使用減少了脂肪組織中的脂肪生成並增強了脂肪酸的氧化。這些結果證明虹吸黃質可以有效調節 3T3-L1 細胞和糖尿病 KK-Ay 小鼠的脂肪形成 (Li et al., 2015)。

文獻顯示長松藻的主要營養成分包含多醣、蛋白質和粗纖維，佔乾重的 80%，其中多醣佔 55.57%，粗纖維佔 11.09%，蛋白質佔 12.57%。水溶性萃取物總量為 34.55%，包括水溶性蛋白、水溶性多醣及游離氨基酸等成分 (Xiong et al., 2007)。

多醣是長松藻的功效成分之一，藻類抗凝多醣 (Anticoagulant) 主要從紅藻和褐藻中

分離出來，而從綠藻中分離較少。Matsubara (2001) 在實驗中從長松藻中分離出的硫酸半乳聚醣，有明顯的抗血管生成活性。

除此之外，Matsubara 等人 (2003) 使用大鼠主動脈環在離體無血清基質培養試驗中，利用長松藻半乳聚醣抑制了微血管及人臍靜脈內皮細胞 (HUVEC) 管的形成。這些結果顯示長松藻硫酸化半乳聚醣在抗血管生成具有功效。

澎湖周邊海域每年會出現大量長松藻 (圖 2)。文獻指出長松藻具有抑制肥胖、炎症和血管生成的作用。但是，關於其體內生物利用度和生物轉化的信息卻很少。因此，本中心將進行其有效成分分析及利用。目前已分析長松藻硫酸化多醣及其類胡蘿蔔素物質的抗氧化、總酚含量、酪胺酸酶抑制能力、血管收縮素轉換酶抑制能力，後續將再進行抗肥胖體外細胞活性評估及體內動物試驗，期望能將具有潛力的長松藻活性物質運用於各項保健產品開發。

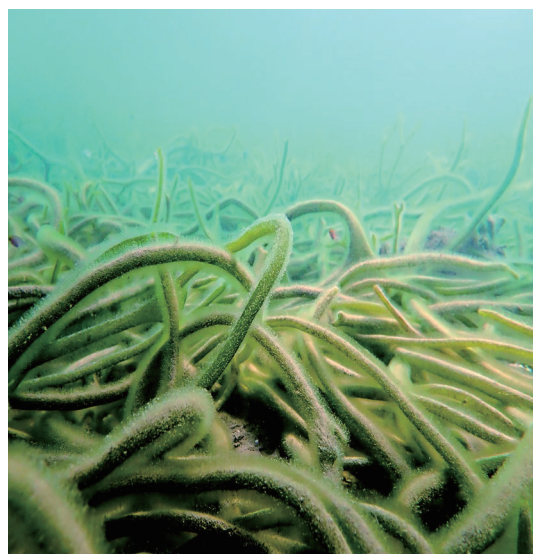


圖 2 澎湖海域長松藻