

藻褐素萃取條件及儲存 安定性之探討

洪郁嵐、黃培安、吳純衡

水產試驗所水產加工組

前言

海藻富含多樣化的特殊生物活性物質，包括多醣類、蛋白質、脂質、色素及低分子化合物，許多研究證實其具有特殊的保健作用。近年來天然的植化素 (Phytochemicals) 備受營養界重視，植化素是植物為了保護自己而演化出來的天然色素，主要扮演提高光能利用效率，與保護植物避免受到陽光傷害的角色，亦具有抗氧化劑的效用，使植物能在豔陽下生存，或可增進免疫功能，使植物在各種嚴峻的環境下仍能繼續生長 (Liu, 2003)。褐藻中特有的植化素即為藻褐素 (Fucoxanthin)，是一項新興素材。藻褐素具有清除過氧化自由基及超氧自由基的效果，可以減緩外界環境對細胞所造成的氧化損傷 (Heo et al., 2008)。Maeda 等 (2006) 指出，裙帶菜 (*Undaria pinnatifida*) 的藻褐素可減少脂肪細胞油脂堆積；也可降低第二型糖尿病鼠腹部白色脂肪重量 (Maeda et al., 2005)。

近年來因應市場趨勢及尋求低過敏性植物萃取物的觀念興起，食品業者積極研發以保健為訴求的藻類新產品，因此藻褐素的發展也從學界延伸到產業界。由於藻褐素的結構不穩定且易裂解的問題，常因萃取技術及儲存環境不適當，影響其安定性。從產品加

工至上架販售過程，素材的安定性是影響產品發展重要關鍵；倘若素材安定，不僅可提升加工便利性，更能確保產品品質及安全性。因此本文將從學術角度來探討不同萃取與條件對生產藻褐素之影響，而從褐藻中萃取出的藻褐素本身並不穩定，因此，進一步探討光線、溫度、抗氧化劑及 pH 值對藻褐素萃取物儲存安定性的影響。期望能藉由了解藻褐素萃取方式及安定性，建立產品安全性及安定性高且符合產業應用之萃取技術。

不同萃取與製備條件對藻褐素萃取物收率之影響

Mise 等 (2011) 以墨角藻 (*Cladosiphon okamuranus*) 為原料，探討粒徑大小、不同溶劑及乾燥方式對墨角藻藻褐素收率之影響。當藻體粒徑愈小與萃取溶劑的接觸面積愈大將有助於萃取率的提升，因此首先探討藻粉的粒徑與萃取率之間的關係。將墨角藻粉碎成 50、200 與 1,000 μm ，以甲醇進行萃取，分別可由每克乾藻中萃取出 270 ± 8.3 、 185.5 ± 13.4 與 $66.1 \pm 8.1 \mu\text{g}$ 的藻褐素，而在乙醇及丙酮萃取方面也得到類似的結果，得知三種溶劑皆以粒徑為 50 μm 有較佳的萃取率，顯示粒徑越小所能萃取的藻褐素越多。



萃取溶劑種類亦是影響萃取率的重要關鍵，故進一步以甲醇、乙醇與丙酮（極性大小：甲醇 > 乙醇 > 丙酮）進行萃取。以 50 μm 粒徑為例，甲醇、乙醇與丙酮分別可由每克乾藻萃取出 270 ± 8.3 、 225.9 ± 6.4 與 $226.1 \pm 16.4 \mu\text{g}$ 的藻褐素，顯示甲醇及丙酮的產率高於乙醇，但含甲醇或丙酮的萃取物會對人體造成相當大傷害，且含有較高毒性，而相較以乙醇所萃取的量雖然較低，但差異不大。就經濟效益的觀點來看，雖然使用乙醇進行萃取，會使成本提高，但為了使藻褐素萃取物能夠成為實用、安全及可廣泛應用之食品原料，宜使用對人體較不具毒性的乙醇取代甲醇進行萃取。

機能性成分在商品化前，為了利於運輸及存放，通常需要進行乾燥處理製成粉末，而目前常見的乾燥方式有熱風乾燥、真空乾燥及冷凍乾燥。首先觀察熱風處理對萃取物之影響，以 40、60 與 80 $^{\circ}\text{C}$ 熱風乾燥方式，每克乾藻分別可得 322.6 ± 35.6 、 234.6 ± 34.1 與 $132.9 \pm 34.1 \mu\text{g}$ 的藻褐素，而在真空乾燥，每克乾藻分別可得 330.9 ± 28.5 、 329.3 ± 27.2 與 $237.2 \pm 30.1 \mu\text{g}$ 的藻褐素，顯示若以熱風乾燥其溫度以低於 40 $^{\circ}\text{C}$ 為佳，以真空乾燥其溫度以低於 60 $^{\circ}\text{C}$ 為佳，然而在各溫度下，經由真空乾燥所獲得萃取物中的藻褐素含量，皆高於熱風乾燥。而以冷凍乾燥方式，每克乾藻可獲得 $483.4 \pm 8.6 \mu\text{g}$ 的藻褐素，因此證實在低溫下，藻褐素萃取的安定性較佳，相對的萃取率也較高 (Mise et al., 2011)。

光線、溫度、抗氧化劑及 pH 值對藻褐素萃取物儲存安定性之影響

植物天然色素易受光、熱、氧化或酸鹼作用而發生變質，其中，最為人熟知的就是類胡蘿蔔素的衰變，而藻褐素是屬於類胡蘿蔔素，故也有類似的特性。因此，若能了解光線、溫度、添加抗氧化劑及 pH 值對藻褐素儲存安定性的影響，將可使藻褐素的商品化更趨完整。首先觀察光線的影響，Sugimura 等 (2012) 將由裙帶菜萃取而得的藻褐素於無避光的環境下，在 20 $^{\circ}\text{C}$ 儲存 5 天後，其衰敗率為 60%；但若在避光的環境下，在 20 $^{\circ}\text{C}$ 儲存 60 天後，衰敗率則僅為 20%，顯示藻褐素在避光的環境下較安定。然而，由結果發現到藻褐素對溫度具高度敏感性，即使在避光環境下，若將溫度提升至 40 $^{\circ}\text{C}$ 儲存 60 天後，衰敗率為 60%；將溫度提升至 90 $^{\circ}\text{C}$ 儲存 8 小時後，其衰敗率高達 80%。故推測藻褐素萃取物不適合高溫的加工手法。

維生素 C 和維生素 E 都是屬於抗氧化劑，當兩者同時使用時，能增強其抗氧化效果，此稱為協同作用。藻褐素雖具有抗氧化活性，但因帶有 5, 6-monoepoxide 不穩定結構，而易受到親核性分子的攻擊，導致氧化現象產生 (Sinninghe Damste and Koopmans, 1997)。Hii 等 (2010) 為了解添加維生素 C 是否也具有相同的協同作用，因此將馬尾藻 (*Sargassum binderi*) 萃取而得的藻褐素真空濃縮乾燥後，分別添加 0.1、0.5 及 1.0% 維生素 C，並分別在避光與無避光的環境下，於 -20 $^{\circ}\text{C}$ 儲藏 4 週，觀察其對萃取物中的藻褐素衰敗率之影響。結果得知在無避光環境下，雖然有添加維生素 C，但藻褐素依然大幅的降解，衰敗率皆高於 90%。但若儲存於避光環境時，添加維生素 C 可有效減緩藻褐

素降解速度，其中添加 0.5 及 1.0% 維生素 C 組別的藻褐素衰敗率分別約為 33.6 及 29.0%，較控制組的 50.9%，其穩定度提升。學者認為是因為維生素 C 會提供氫原子給過氧化自由基，減緩氧化反應的發生 (Yan et al., 1999)。因此，顯示在避光環境下，添加維生素 C 對穩定藻褐素的安定性是有利的。

由於產品會開發成不同劑型，因此，產品的 pH 值也有可能會影響褐藻素的安定性。為了進一步了解酸鹼對藻褐素安定性的影響，在不同 pH 值 (pH 3、5、7 及 9) 下儲存 4 週後，進行比較分析。結果顯示，在無避光的環境下，藻褐素的衰敗率有顯著上升的趨勢，四個組別皆高於 98%。但在避光的環境下，於鹼性環境 (pH 9) 中，萃取而得的藻褐素有較佳的安定性，其衰敗率為 37.9%；但在酸性 (pH 3、5) 及中性 (pH 7) 環境，其安定性不佳，其衰敗率分別為 70.7、63.7 及 51.3% (Hii et al., 2010)。根據 Hui (2006) 指出，類胡蘿蔔素容易受到加工環境的影響，而導致色素的裂解和褪色，且在鹼性環境較酸性環境對色素的穩定性較佳。Gliemmo 等 (2009) 指出，酸會使類胡蘿蔔素產生順反異構化反應，進而造成類胡蘿蔔素的裂解，其結果皆指出褐藻素在酸性環境下較不穩定。因此可以得知在低溫、鹼性環境及避光的環境下儲藏，並添加抗氧化劑，對於藻褐素的安定性是有助益的。

藻褐素在烘焙品之安定性探討

在市面上，我們可以看到許多添加海藻粉的烘焙食品，如海藻口味的餅乾、麵包、

牛軋糖等。由上述的文獻得知，若直接將藻褐素經高溫加工處理，則會造成藻褐素快速衰敗降解，失去其原有的營養價值。但 Prabhasankar 等 (2009) 將裙帶菜添加進麵粉製成義大利麵，並於 75°C 下乾燥 3 小時，結果發現藻褐素並沒有被破壞，認為這是因為藻褐素被包覆於澱粉顆粒及麵筋形成的網狀結構中，因此不易被降解。此外 Sugimura et al. (2012) 為探討在加工食品過程，高溫對藻褐素衰敗率的影響，因此添加不同濃度的裙帶菜粉末於司康 (Scones) 中進行製作，結果顯示，經 190°C 烘烤 30 分鐘後，藻褐素的衰敗率則僅為 13.3%，顯示利用食品包覆是有效保護藻褐素的方法之一，可以改善其加工及貯存安定性，將其添加至不同食品中，有利於開發食品型態之保健食品，以期可以開發應用在食品的加工上。

結語

新鮮、自然、方便與保健，是現今國人在追求飲食的美味之外選擇食品的依據，而海藻是天然的保健食品，褐藻天然色素--藻褐素更可經由萃取技術萃取而得作為保健食品。然而在進行萃取時，需考量到萃取產物的食用安全性與應用經濟性，另為了讓藻褐素萃取物能夠成為可以廣泛使用的素材，更需注意其儲存安定性及考慮其應用時的添加劑型。基於以上考量，本所研發的多段式萃取技術，可提升藻褐素的萃取率，萃取得到的藻褐素的氧化安定性高，若能有效將此技術與產業接軌，將可針對不同的需求，提高產品機能性，以開發多元性的保健產品。