

淺談海膽生殖腺之營養吞噬細胞

邱韻霖、林慧秋、廖紫熾、許雅筑、陳穎棻、謝恆毅

水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

海膽的生殖腺在商業上具有相當高的販售價值，一般普遍認為海膽生殖腺僅為精巢或卵巢，但海膽的生殖腺除生殖細胞 (germinal cell) 外，另與體細胞—營養吞噬細胞 (nutritive phagocytes, NPs) 一同構成；NPs 為海膽的營養儲存器官，會將攝入的營養保留體內，而儲存的營養素不僅提供海膽生長，亦提供生殖細胞發育，NPs 的總蛋白質約有 80% 為形成卵黃顆粒 (yolk granules) 的醣蛋白所構成，會在海膽消化道的上皮細胞中轉化合成為主要卵黃蛋白 (Major yolk protein, MYP)，並以營養支持的角色參與生殖循環，有趣的是 MYP 為一般雌性生物的特異性蛋白質，但海膽無論雌性或雄性皆會產生 MYP (Unuma & Walker, 2010)。

海膽的生殖循環，依據 NPs 及生殖細胞的狀況及發育可分為 6 個階段：恢復期 (recovery)、成長期 (growing)、成熟前期 (premature)、成熟期 (mature)、生殖期 (partly spawned) 及生殖後期 (spent) (圖 1) (Cyrus, 2013)；在生殖循環中生殖腺的恢復期及成長期被認為是品質最佳的階段，因為當配子開始發生時，MYP 會作為營養源提供配子生長，而 MYP 的減少會改變海膽生殖腺的風味及質地，尤其在成熟期雌性卵中僅餘部分 MYP，而雄性精子則無 MYP 的殘留 (圖 2)，這樣的變化將導致生殖腺的市場價值降低，

而如何強化及保留 NPs，成為提升海膽生殖腺商業價值的重點之一。

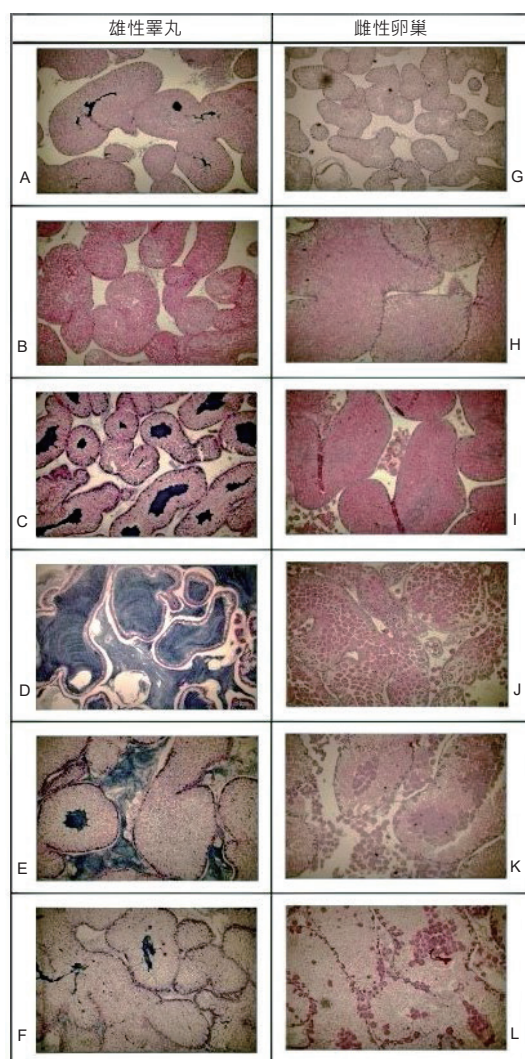


圖 1 海膽雄性與雌性生殖腺各階段組織切片圖 AG-恢復期、BH-成長期、CI-成熟前期、DJ-成熟期、EK-生殖期、FL-生殖後期 (Cyrus, 2013)

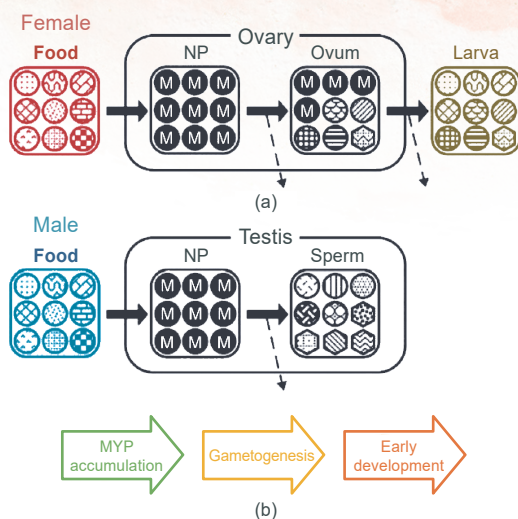


圖 2 海膽 MYP 於雌性與雄性發育階段變化
M：卵黃蛋白 (MYP)；NP：營養吞噬細胞；圓形：蛋白質；六邊形：其他分子；虛線箭頭為代謝能量耗損 (Walker et al., 2015)

如何在海膽收穫季節延長 NPs 的生長週期與抑制配子的發生，對於海膽養殖產業發展尤其重要 (Boettger et al., 2006)，目前已知的做法如下：

一、光照週期及溫度的控制

海膽的管足具有光敏感視蛋白 (light-sensitive opsin)，可藉由光照週期的長短給予生長暗示；Dumont 等 (2006) 利用不同光照週期，發現在生殖行為發生後，以光照 8 小時，暗處理 16 小時的條件下，可快速重建生殖腺至恢復期及成長期，並具有最高的生殖腺指數；另外 Kirchhoff 等 (2006) 亦在生殖季節外控制光照及溫度條件，使與生殖季節相同，可使綠海膽 (*Strongylocentrotus droebachiensis*) 能在生殖季節外發育生殖細胞；而 Kayaba 等 (2012) 利用低水溫 (2.1–5.1°C) 養殖蝦夷馬糞海膽 (*S. intermedius*) 亦可在繁殖季節有效抑制配子的發生。

二、三倍體技術的開發

三倍體技術是利用遺傳工程產生奇數染色體，導致生物無法形成配子，海膽配子的形成，會損耗生殖腺中的 NPs，導致商業價值的降低，三倍體海膽可使 NPs 能更全面的利用在生長及提升生殖腺品質上，且在養殖產業的利用，光照週期的控制並非所有養殖模式都適合如箱網或戶外養殖，倘若該項技術的開發將更有利產業上的發展。

三、抑制營養吞噬細胞的自噬作用

NPs 在營養攝取不足時會發生自噬作用，提供生存所需，而影響生殖腺的大小與品質；一般生物體會藉由 serine/threonine kinase Tor (target of rapamycin) 感受特定胺基酸濃度來控制細胞增長或自噬作用的發生，在營養充足的情況下 Tor 會被磷酸化，抑制自噬作用，並促進蛋白質合成，反之胺基酸濃度低於閾值時，Tor 則被去磷酸化，導致自噬作用的發生，生成 ATP 維持細胞代謝及生存支持 (Klionsky, 2007)；在哺乳類動物中發現甲硫胺酸、苯丙胺酸、色胺酸及脯胺酸的濃度會影響 Tor 的作用，而在原生動物四膜蟲 (tetrahymena) 及海膽中則判認為甲硫胺酸，因此飲食中甲硫胺酸的濃度不僅僅提供海膽生殖腺的濃厚風味的胺基酸，亦是提升生殖腺品質肥滿的關鍵，在未來人工飼料的開發為必須考慮的因素。

現階段海膽市場首要仍以生殖腺的外觀、質地及顏色作為價值的評判，但風味的優劣則攸關未來市場競爭的支撐，亦是目前臺灣海膽養殖產業循序漸進的目標。