

統一編號
2007900045

臺大漁推

FISHERIES EXTENSION NTU



ISSN 1022-6184(平裝)

第24期



國立臺灣大學漁業推廣委員會 中華民國 102 年 12 月

目 錄

目錄		i
魚類覓食行為與資源復育	陳暉仁、李英周	1
漁產品之寄生蟲危害	施秀惠	17
飼料中添加不同濃度與來源 之類胡蘿蔔素對珍珠鱗金 魚增豔效果之影響	張嘉育、廖文亮	28
免疫調節技術對於魚類養殖 的應用	張景盛、吳育昇、 陳秀男	39

臺大漁推

第二十四期

發行人：陳秀男

主任委員：陳秀男

推廣教授：陳秀男、施秀惠、廖文亮、李英周

執行秘書：黎錦超

執行編輯：蘇淑貞

發行單位：國立臺灣大學漁業推廣委員會

地址：臺北市羅斯福路四段一號

電話：(02) 33662795

傳真：(02) 23654403

印刷：大進印刷有限公司

地址：臺北市和平西路三段三一八號

電話：(02) 23087600

傳真：(02) 23085673

中華民國 一〇二年 十二月 出版

版權所有 嚴禁翻印轉載

魚類覓食行爲與資源復育

陳暉仁¹、李英周^{1,2}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

漁業資源受到人類過漁行爲、棲地破壞、水域污染、外來種入侵及全球變遷等因子影響而備受威脅。為因應水域漁業資源日益減少，復育放流在世界各國被廣為採用，但放流成效普遍不彰，其原因除事前評估不足與操作不當外，缺乏中間育成以培育放流物種的野外生存能力也是其失敗原因之一。在生物眾多生存能力中，覓食行爲的重要性無庸置疑，舉凡成長、繁殖、遷移與避敵等重要行爲都仰賴能量投注，可說是沒有能量即沒有作為，而覓食行爲對行群體生活的物種尤其重要，這些物種通常屬於演化上或生態位階上較低階者或是體型上較小者，它們需要仰賴同類間互助合作以提高個體適存度。對魚類而言，群聚行爲曾被廣泛研究，但是較偏重在單一族群內個體的比較，而在跨族群個體間的影響研究比較少。其原因不外乎影響因子複雜與觀察判斷不易，然若不詳加釐清群聚間在覓食行爲上其食物的認知能力與群聚間的競爭力等變數，那麼資源復育放流施作恐怕不易達成。

二、魚類覓食行為

在自然界中眾多的環境及生物變數對每個生物個體都可能存在威脅，因此，適當調節本身成長、覓食、生殖和避敵等策略顯得至關重要，其中，投注能量所換來對本身的效益主要被認為取決於花費在躲避掠食者以及覓食上的能量之間的平衡 (Pitcher, 1993)，而在魚類的覓食行為機制中牽涉多項內在及外在因素，包括本身的認知、動機、學習經驗、社交訊息、誘因、空間環境、獵物捕捉難易度和捕食風險等 (圖 1)，每一個環節都影響著覓食行為的展現，其中，學習及記憶更扮演決定性的角色，學習及藉由記憶改善覓食方式並衡量如何在比較低風險下，來增進覓食效率，及因應環境變化而調整攝食策略，達到靈活迅速定位獵物、辨識獵物密度及種類的的作用 (Warburton and Hughes, 2011)。跟其他動物相同的現象，魚類聯想學習能力的強化受到遭遇事件發生的頻度及強度有很大的影響，例如在金魚的視覺刺激與食物獎勵實驗中，當兩事件發生間隔時間越短，那麼藉由學習所產生的攝食行為就越有效率 (Breuning *et al.*, 1981)，該實驗亦可視為操作制約 (operant conditioning) 與記憶在強化學習上的呈現，即當受到刺激時，由於食物獎勵使金魚產生滿足的認知結果，促使這種經驗被印入 (stamped in) 記憶中，當刺激頻度漸增，後續攝食行為反應越加快速。另針對棲息於潮間帶的多刺魚 (*Spinachia spinachia*) 與嬌扁隆頭魚 (*Crenilabrus melops*) 的迷宮實驗發現，該二物種都能藉由視覺訊息與食物連結，學習區辨迷宮中何處具有食物，並評估其豐度，以利後續探索覓食，展現潮間帶生物生存的重要法則 (Hughes and Blight 2000)。

三、魚類群聚效應

生物在自然界的棲息及分布狀況因生活史特性、種間、種內和環境因素而有所不同，大抵可分為單獨生活及群體共生，其中群體生活因牽涉個體間訊息傳遞、社會學習 (social learning)、從眾效應 (conformity) 等相互作用，在動物行為學上被廣泛研究其對於生物在適存度方面的影響 (Brown *et al.*, 2011)，而形成群體需要四項基本條件，(1)生物個體數量適當、(2)足夠的空間、(3)共同相處一段時間 (Pitcher 1983)、及(4)社會吸引力 (Krause and Ruxton, 2002)，如此形成群體的生物即具有降低被捕食率、提升覓食效率和配對機會，及可共同禦敵等多項生存優勢，但它們同時也面臨群體內資源強烈競爭、疾病或寄生蟲感染等危機 (Krause and Ruxton, 2002)。因此，生物自己會衡量加入群體所產生的代價和利益 (cost and benefit)，並在選擇加入群體後做出更多複雜的應對措施以因應多變的環境及競爭者和掠食者影響，例如近年台灣鳥類冠尾畫眉 (*Yuhina brunneiceps*) 的研究中發現，其繁殖群通常以 1-4 對不等的親鳥構成，並在同一巢內共同合作築巢、孵蛋及照顧雛鳥，能有效提升繁殖率及孵化率 (Shen *et al.*, 2012)。而在魚類行為研究中又依行為表現不同區分出群聚 (shoal) 的群體型態，與一般認知的魚群 (school) 的群體型態，二者主要不同點在於 school 內群體成員均意涵遵循同一方向移動，而 shoal 單純指群體內成員為了社交因素處於同一時空下的聚集行為 (Pitcher, 1979)。例如當金魚 (*Carassius auratus*) 和米諾魚 (*Phoxinus phoxinus*) 群聚成員數由 2 尾增至 20 尾的過程中，成員花費在覓食的時間相對縮短 (Pitcher *et al.*, 1982)，再則，身處於大群聚中的金魚個體比起小群聚中的個體更加容易察覺捕食者，因而有更多時間及能量可投注在覓食上 (Milinski, 1993)，其展現在群聚覓食行為上的一大特點為，可藉由訊息轉移 (Vard and Zahavi, 1983) 與社會學習 (Galef, 1988) 等互動機制使外圍個體能夠帶領內部個體發現食物來源，促進族群的覓食效率。然而當群聚間的訊息傳遞機制受到抑制時，那麼個體在

選擇離開群聚而獨自覓食或繼續待在群聚內以保有各項群聚優勢之間的取捨顯然是一大問題，今以缺乏視覺傳遞訊息為例，在面臨攝食或被捕食（eat or be eaten）風險下的孔雀魚個體會選擇繼續待在群聚內，當獨自覓食個體數增加時，相對少數的個體會因從眾效應加入群體覓食的行列，以儘量保持群體的完整性（Day *et al.*, 2001）。但是另一方面，雖然從眾效應對於多數個體所採取的普遍行為有強化效果，但卻會導致創新的行為散佈速度緩慢（Lachlan *et al.*, 1998; Boyd and Richerson, 1985），當群聚越大時，新穎的行為被抑制就越嚴重（Day *et al.*, 2001）。

四、漁業資源復育與標誌放流

許多國家對資源復育都不遺餘力，不論是棲地營造、環境改善及資源復育、魚苗放流等方式都曾被廣範採用，而在魚苗放流方面，據估計台灣每年放流尾數即達一千萬尾（呂等，2008），世界各國放流數目更加可觀，然而如此大量的放流數目對魚類資源量的回復效果不明顯（Svasand *et al.*, 2000），其原因不外乎放流操作方式不當，放流魚在攝食、驅避敵害等各方面行為遠不如野生魚（Lord, 1934; Stone, 1872），以及事前資源評估不夠確實，甚至未經評估即貿然放流，種種因素導致放流族群到野外後大量死亡（Pickering *et al.*, 1982），曾有研究指出魚苗在進行放流操作前必須經過適當回復時間以減輕運輸緊迫（呂，2009），另外，在事前的評估工作中，標誌放流與再捕，曾被廣泛運用在估計魚類野生族群的分布、遷移及相關統計參數，如資源量規模及增長（McFarlane *et al.*, 1990）。臺灣自 1970 年代起亦運用放流養殖魚苗以增進魚類資源量（郭，2002），然而在過去關於放流魚苗對資源量的貢獻經常缺乏完善估計，主要原因為，(1)放流體長偏小不易標誌、(2)放流數量龐大短期間不易完成標誌，(3)洄游性物種回收不易（Chang *et al.*, 2008），再則，標誌方式與操作對於魚類造成體內或體外影響，往往在個體進入自然環境中會產生競爭上的差異，因此魚隻受標誌影響及後續

與野生魚間生存能力的相互影響也曾被廣泛研究。

魚類標誌方式約可分為自然及人為方式兩大類，其中人為方式又可分為附加印記及附加標籤兩種方法（張，2006），自然標誌是運用生物體既有的體內或體外形質特性找出辨識方法，如耳石鋇鈣比分析法（鄭等，1996）、多型血紅素（Schmidt, 1923）、碳氧穩定同位素（Lee *et al.*, 2002）等，但因這些方法受到環境及基因影響較重，容易干擾判定結果（能勢等，1988）；而人為方式較常見的則以體腔植入標籤（Walsh *et al.*, 2000）、皮下植入螢光標籤（visible implant elastomer, VIE）（Woods and James, 2003）、體外附加標籤（McFarlane *et al.*, 1990）、浸泡或餵食四環黴素法（Babaluk and Campbell, 1987; Chang *et al.*, 2008, 2011）、切鰭法（Richkus, 1978）、冷烙法（Bryant *et al.*, 1990; 李，2012）及噴附螢光素法（Nielson, 1990; Chang *et al.*, 2008, 2011）等，各種方式在費用、操作方式、標誌留存率和死亡率上各有優劣。

魚類在水中呈現不同游泳速度、停於底部、停滯於水體中等各式活力呈現可運用於判斷緊迫程度（Ide *et al.* 2003），並須一定時間修復才能展現正常行為能力（呂 2009），對於行群聚生活方式的魚類而言，個體覓食行為能力受到群聚的影響顯著，當群聚中有個體發現食物時會將訊息提供給群聚中其他個體，以提升覓食效率，更有助於促進每個個體的攝食率（Pitcher 1993），曾有研究指出，養殖比目魚因長期接受人為投餵浮性飼料馴養，那麼即使在未投餵的狀況下也能觀察到魚隻偏好在水層中游動，因此容易被掠食者捕食，導致放流後存活率不如預期。改善之法可考慮事先與野生魚共同畜養，藉由魚類社會行為以學習捕食技巧後再行放流（Furuta 1996），另一方面，從眾效應（conformity）往往導致一個行為在群聚內被快速推展效仿（Lachlan *et al.* 1998; Boyd and Richerson, 1985），例如在群體中展現覓食行為的魚隻會影響週遭個體（Ryer and Olla 1992），使其產生必需競爭食物的認知（Krause 1993），或因對捕食者的警戒性降低而投注更多時間在覓食上（Morgan 1988; Ryer and Olla 1992）。然而亦有研究顯示在避敵行為的展現上雖然可藉由經驗學習累積

(Healey and Reinhardt 1995; Olla and Davis 1989; Olla *et al.* 1998)，但養殖魚的表現總不如野生魚(Berejikian 1995)，而且在相同飼養環境下的實驗中，養殖魚子代對於捕食者的表現仍較野生魚差，顯示除生長環境外，可能還涉及遺傳問題(Steward and Bjornn 1990)，許多放流案例指出，很多魚種放流存活率常在 10% 以下(Watanable *et al.* 1996; Mcneil 1991; Svasand *et al.* 2000)，原因除放流前運輸作業造成緊迫使得魚類行為能力降低外 (Pickering and Pottinger 1989)，野外環境較養殖場複雜與多元(Brown and Laland 2003)導致養殖族群普遍無法與野生族群競爭。

五、放流族群與野生族群競爭關係

在放流活動頻繁的今日，除須思考對資源復育效益外，仍不可忽略放流與野生族群間的競爭關係，競爭主要發生在生物共同利用相同資源的情況下，而其中至少有一方會因此在成長上受到抑制，因為資源經常是不足以供給所有生物利用且會受到其他生物干擾(Birch 1957)，早期已有歐美學者指出繁養殖場在鮭鱒魚類的保育及漁獲上扮演重要角色，且養殖魚已在野外建立大規模的族群(Berejikian *et al.* 1999)，野生族群所面臨的競爭威脅已日益嚴重，即便在親緣關係上視為同種的大西洋鮭，養殖場與野外成長的個體在行為、型態與生理都有所不同，因此有學者提出一個物種下的兩種生物的看法(Gross 1998)，兩者甚至應該被視為不同的物種，養殖族群在生活史中因為人為選種及育成導致較低的初期死亡率進而保存了多樣化的表現型，而野生族群則在自然選汰下剔除了較多數不適合生存的個體(Fleming and Gross 1994; Swain *et al.* 1991)。許多的假說也針對兩者侵略性差異作出比較，例如魚群間社會結構在養殖場中高密度的飼養情況下，階級制度易被壓抑，無法如同野生環境建構容易，造成養殖魚放流後因有機會建立階級制度而更具侵略性，相反的，野生魚間早已存在既有的階級制度，故侵略行為不如養殖魚頻繁(Jenkins 1971)，致使養殖魚投注過多能量在不必要的種

內競爭衝突上(Berejikian *et al.* 1999)，導致本身攝食及避敵能力相對降低，死亡率隨即上升。在覓食行為上，養殖場高密度、紊亂的攝食行為很可能導致鮭鱒魚在野外無效的覓食行為(Moyle 1969)，而養殖族群偏好利用高流速的溪流環境(Mesa 1991)，亦同時造成野外覓食效率、游泳能力及續航力比較差(Bams 1967)。另有研究顯示養殖族群捕食野外獵物種類偏少，甚至只會捕食相似獵物，且無法因應季節變換而改變捕食物種(Sosiak *et al.* 1979)。

六、結語

目前許多研究偏重於比較同一族群內覓食訊息的傳遞研究，但是針對生存於相同環境下、同一物種、成長背景不同的族群，其群聚間的相互影響行為為何，仍待未來研究加以釐清。此外臺灣淡水魚類覓食行為研究風潮不如歐美普遍，除部分保育類魚種較受關注研究外，較少針對數量多且普遍分布的臺灣鏟頰魚、臺灣馬口魚、粗首鱨、爬岩鰍以及脂鯢等長期生存於四季變化多端的溪流環境物種，在人為開發導致棲地嚴重破碎化的情況及在臺灣夏秋常見的颱風侵襲都對溪流造成劇烈破壞下，生物如何調整本身行為模式以提升個體適存度亦仍待究明。因人為選種導致養殖族群魚卵能更早孵化、仔稚魚成長快速、體型較大，具備野生族群所不可比擬的基礎競爭優勢 (Metcalf and Thorpe, 1992)，因此，長期的養殖以生產大量放流魚苗的行為是否會造成魚類生殖策略的改變，亦需加以關注。另一方面，冷烙法雖在魚類大量標誌上耗費許多人工與時間成本，但是費用低廉、操作容易、標誌留存率高、標誌死亡率低(Bryant *et al.* 1990)，又可細緻製做出個體標誌，將之應用於現今臺灣溪流魚類資源量的復育與評估研究相當適合。

在自然資源日益減少的情況下，魚類放流活動已成為人類迄今復育資源量的選擇方案之一，其頻度及放流數量亦與日俱增，因此，事前資源評估及中間育成研究均是重要工作。此外，關於養殖與野生族群在野外不同群聚組合下所表現出的覓食行為比較研究

則較為少見，當養殖族群進入野外環境時，其對食物的探索及攝食行為是否能表現出與野生族群相同效率的覓食模式？亦有待進一步研究加以釐清。

參考文獻

- 呂榮琦 (2009) 探討降低黑鯛魚苗運輸緊迫及增加放流存活率之研究。臺灣大學漁業科學研究所，碩士論文。
- 呂榮琦、李英周、潘明雄 (2008) 魚苗放流中間育成之內涵與實施。臺灣漁業永續發展協會會訊，6，8-10。
- 李英周 (2012) 石門水庫集水區移地復育在地民眾參與生態監測及成效評估(2/2)。主辦機關：經濟部水利署北區水資源局。532 頁。
- 能勢幸雄、石井丈夫、清水誠 (1988) 第六章標識放流法.東京大學出版社，135-152。
- 張惟哲 (2006) 大量魚苗標識與放流之研究。臺灣大學漁業科學研究所，碩士論文。
- 郭慶老 (2002) 台灣海洋物種之標誌放流試驗。台灣海洋學刊，40(1)，13-20。
- 鄭豐洲、張永明、曾萬年 (1996) 花身雞魚的耳石成長與生活履歷關係之研究。台灣水產學會刊，23(2)，79-94。
- Babaluk, J.A. and J. S. Campbell. (1987). Preliminary results of tetracycline labeling for validating annual growth increments in opercula of walleyes. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 7:138-141.
- Bams, R. A. (1967). Differences in performance of naturally and artificially propagated sockeye salmon migrant fry as measured with swimming and predation tests. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 24(5):1117.

- Berejikian, B. A. (1995). The effects of hatchery and wild ancestry and experience on the relative ability of steelhead trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) to avoid a benthic predator. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52(11): 2476-2482.
- Berejikian, B. A., E. P. Tezak, S. L. Schroder, T. A. Flagg, and C. M. Knudsen (1999). Competitive differences between newly emerged offspring of captive-reared and wild coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 128(5):832-839.
- Birch, L. C. (1957). The meanings of competition. *Am. Nat.*, 91(856):5-18.
- Boyd, R. and P. J. Richerson. (1985). Culture and the evolutionary process. Chicago: University of Chicago Press, 331p.
- Breuning, S. E., D. G. Ferguson, and A. D. Poling. (1981). 2nd-order schedule effects with goldfish- a comparison of brief-stimulus, chained, and tandem schedules. *Psy. Rec.*, 31(3):437-445.
- Brown, C., and K. N. Laland. (2003). Social learning in fishes: a review. *Fish and Fisheries*, 4(3):280-288.
- Brown, C., K. Laland, and J. Krause. ed. (2011). Fish cognition and behavior. Wiley-Blackwell, 472p.
- Bryant, M. D., C. A. Dolloff, P. E. Porter and B. E. Wright. (1990). Freeze branding with CO₂: an effective and easy-to-use field method to mark fish. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 7:30-35.
- Chang, W. C., Y. C. Lee, C. H. Shih, T. J. Chu and P. H. Chang. 2011. Population size and stocking contribution rates for marked and recaptured black porgy *Acanthopagrus schlegelli*, in Northwestern Taiwan, 2005-2008. *Fish. Res.*, 109:252-256.

- Chang, W. C., Y. C. Lee and C. H. Shih. (2008). The determination of mass marking methods with high marks retention rate for hatchery-reared fry. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 35(2):185-194.
- Day, R. L., T. MacDonald, C. Brown, K. N. Laland and S. M. Reader (2001). Interactions between shoal size and conformity in guppy social foraging. *Ani. Behav.*, 62:917-925.
- Fleming, I. A. and M. R. Gross. (1994). Breeding competition in a pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*): measures of natural and sexual selection. *Evolution*, 48(3):637-657.
- Furuta, S. (1996). Predation on juvenile japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) by diurnal piscivorous fish: field observations and laboratory experiments. In Y. Watanabe, Y. Yamashita and Y. Ozeki eds. Survival strategies in early life stages of marine resources. Pp. 285-294.
- Galef, B. G., Jr. (1988). Imitation in animals: History, definition, and interpretation of data from the psychological laboratory. In T. R. Zentall and B. G. Galef, Jr., Eds. Social Learning: Psychological and Biological Perspectives. pp.3-28. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Gross, M. R. (1998). One species with two biologies: Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild and in aquaculture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55:131-144.
- Healey, M. C. and U. Reinhardt. (1995). Predator avoidance in naive and experienced juvenile chinook and coho salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52(3):614-622.
- Hughes, R. N. and C. M. Blight. (2000). Two intertidal fish species use visual association learning to track the status of food patches in a radial maze. *Animal Behaviour*, 59:613-621.

- Ide, L. M., E. C. Urbinati and A. Hoffmann. (2003). The role of olfaction in the behavioural and physiological responses to conspecific skin extract in *Brycon cephalus*. *J. Fish Biol.*, 63(2):332-343.
- Jenkins, T. M. (1971). Role of social behavior in dispersal of introduced rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28(7):1019-1027.
- Krause, J. (1993). The influence of hunger on shoal size choice by three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *J. Fish Biol.*, 43(5):775-780.
- Krause, J. and G. D. Ruxton. (2002). *Living in Groups*. Oxford Univ. 228p.
- Lachlan, R. F., Crooks, L., and Laland, K. N. (1998). Who follows whom? Shoaling preferences and social learning of foraging information in guppies. *Animal Behaviour*, 56:181-190.
- Lee, Y. C., H. H. Kuo and Y. G. Chen. 2002. Discrimination and stock estimation of wild and released abalone, *Haliotis diversicolor*, using stable carbon and oxygen isotope analysis in northeastern Taiwan. *Fish. Sci.*, 68(5): 1020-1028.
- Lord, R. F. (1934). Hatchery trout as foragers and game fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 64:339-345.
- McFarlane, G. A., R. S. Wydowski and E. D. Prince. (1990). External tags and marks, historical review of the development of external tags and marks. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 7:9-29.
- Mcneil, W. J. (1991). Expansion of cultured pacific salmon into marine ecosystems. *Aquaculture*, 98(1-3):173-183.

- Mesa, M. G. (1991). Variation in feeding, aggression, and position choice between hatchery and wild cutthroat trout in an artificial stream. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120(6):723-727.
- Metcalfe, N. B. and J. E. Thorpe. (1992). Early predictors of life-history events - the link between 1st feeding date, dominance and seaward migration in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.*, 41:93-99.
- Milinski, M. (1993). Predation risk and feeding behaviour. In T. J. Pitcher ed. 2nd. Behaviour of teleost fishes. London: Chapman and Hall.
- Morgan, M. J. (1988). The influence of hunger, shoal size and predator presence on foraging in bluntnose Minnows. *Animal Behaviour*, 36:1317-1322.
- Moyle, P. B. (1969). Comparative behavior of young brook trout of domestic and wild origin. *The Progressive Fish-Culturist*, 31(1):51-56.
- Nielson, B. R. (1990). Twelve-year overview of fluorescent grit marking of cutthroat trout in Bear Lake, Utah-Idaho. . *Am. Fish. Symp.* 7:42-46.
- Olla, B. L. and M. W. Davis. (1989). The role of learning and stress in predator avoidance of hatchery-reared coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) juveniles. *Aquaculture*, 76(3-4):209-214.
- Olla, B. L., M. W. Davis and C. H. Ryer. (1998). Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development of behavioral survival skills. *Bull. Mar. Sci.*, 62(2):531-550.
- Pickering, A. D. and T. G. Pottinger. (1989). Stress responses and disease resistance in salmonid fish- Effects of chronic elevation of plasma-cortisol. *Fish Physiol. Biochem.*, 7(1-6):253-258.

- Pickering, A. D., Pottinger, T. G. and P. Christie. (1982). Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L, from acute handling stress - a time course study. *J. Fish Biol.*, 20(2):229-244.
- Pitcher, T. (1979). Sensory information and the organization of behavior in a shoaling cyprinid fish. *Animal Behaviour*, 27:126-149.
- Pitcher, T. J. (1983). Heuristic definitions of fish shoaling behavior. *Animal Behaviour*, 31: 611-613.
- Pitcher, T. J. (1993). The behaviour of teleost fishes. Chapman and Hall, London, 715p.
- Pitcher, T. J., A. E. Magurran and I. J. Winfield. (1982). Fish in larger shoals find food faster. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 10:149-151.
- Richkus, W. A. (1978). A quantitative study of inter tide-pool movement of the woolly sculpin *Clinocottus analis*. *Mar. Biol.* (Berlin), 49:277-284.
- Ryer, C. H. and B. L. Olla. (1992). Social mechanisms facilitating exploitation of spatially- variable ephemeral food patches in a pelagic marine fish. *Animal Behaviour*, 44(1):69-74.
- Schmidt, J. (1923). The breeding place of the eel. *Trans. Roy. Soc.* (London), (B) (211), 179-208.
- Shen, S. F., S. L. Vehren W. Y. Liao and H. W. Yuan. (2012). Unfavourable environment limits social conflict in *Yuhina brunneiceps*. *Nat. Commun.*, 3:885. camp, R. A. Johnstone, H. C. Chen, S. F. Chan,
- Sosiak, A. J., R. G. Randall and J. A. Mckenzie. (1979). Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in streams. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36(11):1408-1412.

- Steward, C. R. and T. C. Bjornn. (1990). Supplementation of salmon and steelhead stocks with hatchery fish: a synthesis of published literature. Tech. Rep. Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, University of Idaho, 126p.
- Stone, L. (1872). Trout culture. *Proc. Ain. Fish Culturists' Assoc.*, 1, 46-56.
- Svasand, T., T. S. Kristiansen, T. Pedersen, A. G. V. Salvanes, R. Engelsen, G. Naevdal and M. Nodtvedt. (2000). The enhancement of cod stocks. *Fish and Fisheries*, 1(2):173-205.
- Swain, D. P., B. E. Riddell and C. B. Murray. (1991). Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): environmental versus genetic origin. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48(9): 1783-1791.
- Vard, P. and A. Zahavi. (1983). The Importance of certain assemblages of birds as information-centers for food-finding. *Ibis*, 115:517-534.
- Walsh, M. G., K. A. Bjorgo and J. J. Isely. (2000). Effects of implantation method and temperature on mortality and loss of simulated transmitters in hybrid striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 129(2):539-544.
- Warburton, K. and R. Hughes. (2011). Learning of foraging skills by fish. In C. Brown, K. Laland and J. Krause eds. 2nd. Fish cognition and behavior. Blackwell Publishing Ltd.
- Watanabe, Y., Y. Yamashita and Y. Ozeki. eds. (1996). Survival strategies in early life stages of marine resources. Rotterdam, Brookfield, 367p.

陳暉仁、李英周

Woods, C. M. C. and P. J. James. (2003). Evaluation of visible implant fluorescent elastomer (VIE) as a tagging technique for spiny lobsters (*Jasus edwardsii*). *Mar. Freshwat. Res.*, 54(7):853-858.

通訊作者：李英周

電話：(02) 3366-2882，電郵：i812@ntu.edu.tw。

漁產品之寄生蟲危害

施秀惠^{1,2}

¹ 國立臺灣大學生命科學系

² 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

人類用火烹飪食物雖有數千年歷史，但生食魚肉卻是普及全球之飲食文化，同時愈益風行：日本有生魚片（sashimi）和握壽司（sushi），荷蘭有鹽醃與煙燻鯊魚（salted or smoked herring），北歐人食用的 gravlax 是乾燥醃製的鮭魚（dry, cured salmon），夏威夷的 lomi-lomi 也是生鮭魚，南美洲的 cebiche 和西班牙的 boquerones en vinagre 都是以醋醃製的生鰱魚（pickled anchovies）食品。國人已習於生魚片和握壽司等日式料理，花蓮阿美族尚有春夏捕撈與生吃魩仔魚之文化盛事，泰雅族則有鹽醃苦花（台灣鏟領魚）的傳統食物「tmmanquleh」或「siubowhanyuh」。

如何生產並提供消費者安全的生魚產品？素為產官學界念茲在茲之重要議題。本文綜述近期相關輿情與報導，從寄生蟲學角度予以剖析探討，並概述以淡水水產品為主之寄生蟲危害管控的最新策略。

二、關於「台灣鯛事件」

今年 11 月初，傳媒密集報導，韓國 Channel A 電視台《食物 X 檔案》節目 10 月 25 日播出「冒牌鯛魚的真相」，批評台灣鯛養殖環境惡劣並濫用抗生素，以致外銷訂單急凍，魚價重挫。經外交

部與農漁民團體連袂抗議並預備提告，該電視台終於在官網和節目中做出更正，澄清養殖台灣鯛之水質均符合國際認證標準。關於此事件，另有兩項嚴重斷傷台灣鯛產業之訊息與報導，卻未引起漁業署和漁民團體關注：事件發軔時之媒體投書以及行銷漁產品業者的官網文章。分別引述並評論於後。

《聯合報》民意論壇版在 11 月 6 日和 7 日，連續兩天刊登評論此事件之讀者投書。第一篇作者沈載勳為現居韓國之電子業者，說明韓國節目之重點其實在於：「不是台灣鯛是否安全，而是不肖商家把低價台灣鯛，冒充高價海鯛的『仿冒』欺騙行為。」作者隨即嚴厲批判：「台灣鯛在（韓國）市場不是建立在健全的台灣鯛固有價值上，而是建立在冒充高價海鯛魚的仿冒價值上，廠商置之不理。這何嘗不是另一個不重視品牌而嘗惡果的『台灣經驗』呢？」、「今天南韓大眾了解平常吃的海鯛生魚片，不是真貨，而是較低價且生長在熱帶的淡水魚。對於這個問題，南韓的貿易商要負很大責任，但是台灣廠商沒有責任嗎？」同時武斷地認為：「熱帶淡水魚不適合做生魚片，因為台灣也很少直接吃台灣鯛生魚片。」最後更呼籲：「台灣各界不要斷章取義，扭曲事實辱罵南韓。業者權益固然重要，但更應尊重南韓消費者權益。」（沈，2013）。

次日嘉義某大學教師余豈（應為筆名）回應前文，認為台灣鯛事件：「爭議的本質，與近來黑心油事件一樣，既然調合油不該當成橄欖油，為何縱容商人把吳郭魚和鯛魚混為一談？」更譏諷「若真想玩文字遊戲，建議將吳郭魚改名『台灣奇蹟魚』、『台灣之光魚』或『望春風魚』，既響亮光彩，又不會讓外國誤解我們想用低價品混充高價鯛魚。」同時引用他山之石：「國外超市賣魚標出魚名，昂貴的鯛魚是海水魚，英文名 sea bream；吳郭魚 tilapia 則是另一種魚類」（余，2013）。

第一篇作者正在韓國工作，看過該集完整節目，為國人陳述第一手資訊，確實有助於釐清問題重點，可惜未獲業者與主管機關重視。然而兩位作者卻都不顧更不察真相，妄自做出台灣漁民和出口

商「以廉價吳郭魚冒充高價海鯛」之結論，進而判定事件肇因於「不尊重南韓消費者權益」之「仿冒欺騙行為」，台灣鯛產銷業者顯然咎由自取，怨不得韓國電視台與消費者。第二篇作者更冷嘲熱諷，硬把台灣鯛牽拖上讓國人痛心疾首、惴惴不安的黑心油事件，譁眾取寵，傷口灑鹽。筆者雖立即撰文澄清二人論點，然而該報並未刊登。

海鯛 (sea bream) 隸屬鯛科 (Family Sparidae)，全球總計 33 屬，約 115 種 (Nelson, 2006)，台灣紀錄的有 7 屬 17 種 (沈等, 1993)，目前列於魚類資料庫 (邵, 2013) 中的僅有 6 屬 15 種，包括嘉鱻、赤鯨和黃鰭鯛等。而屬於慈鯛科 (Family Cichlidae) 的吳郭魚由於具有廣鹽性，目前養殖方式是先淡水後海水，如此可去除其土腥味，增強肉質彈性，去皮取肉之加工產品即為「台灣鯛」。因此「台灣鯛」絕不是仿冒或詐欺商品，英文名稱更從未混淆誤導。

台灣鯛協會的英文名稱是「Taiwan Tilapia Alliance」，外銷台灣鯛商品包裝上一律清楚標示著英文名稱—「Tilapia fillet」(吳郭魚魚片)，有些還註明原料：sea water farming tilapia (海水養殖吳郭魚)，從未做出「冒充高價海鯛之仿冒欺騙行為」。如果韓國消費者果真曾遭詐騙，那麼詐騙他們的「不肖商家」，顯然是韓國自己人而不是台灣人。此外，農委會漁業署公佈之《漁業統計年報》亦以中英文並列方式精確載明，輸出韓國之水產品物種是「吳郭魚 tilapia」—加工生產台灣鯛之原料—而非商品名稱「台灣鯛」。何來「縱容商人把吳郭魚和鯛魚混為一談」之說？

《聯合報》終於在 11 月 9 日 A8 版末端，發出一則標題為《韓商詐欺 韓媒影射 我漁民血本無歸》新聞，由三位記者聯手採訪，報導該節目播出後造成之傷害：韓國貿易商隨即取消訂單，產地價格則由事件前每台斤 35 元跌到 27 元以下。同時也引述漁民喊冤的心聲：「從沒聽過台灣人以台灣鯛混充海鯛出售，就算韓國有商人混其他魚賣，這也怪台灣漁民？」

可惜傳媒和主管機關仍糾結在魚塭環境不佳、佈滿藻類等衍生之枝節，全未回應澄清，以正視聽；而韓國電視台 11 月 15 日發出之澄清稿指出：「目前台灣鯛養殖場的水質均符合國際認證標準。」主旨亦僅鎖定水質而已，並未提到仿冒詐欺行為。事件發展至此，真相依舊未明：究竟是否曾以淡水鯛魚仿冒海鯛，欺騙韓國消費者？若此事為真且非罕見，那麼「不肖商家」究竟來自台灣或是韓國？仿冒作業究竟發生在生產鏈的哪一環節？相關疑問仍有待徹底釐清並妥為處置，以免類似事件死灰復燃。

商品價格原本取決於市場供需以及消費心理，所謂「高價鯛魚」，當消費者對可能累積重金屬之海水魚類心存疑慮時，漁價亦可能遽跌。至於喜好海水或淡水魚？生食、熟食以及如何料理？純屬消費者之主觀嗜好，無可干預指導。「Tilapia」近年來每年之總出口量約為 3~4 萬公噸，賺進外匯約 8 千萬美金；當海洋漁業資源日趨枯竭，美味營養的「台灣鯛」已被期許為蛋白質之重要來源，品牌商譽自應珍惜維護。如果此事件純為外國貿易商蓄意製造爭議事端、藉此打壓台灣產品之外銷價格呢？國人絕不可盲從附和，自貽伊戚，否則奸巧和愚昧勢將聯手重創台灣產業。

三、魚肉絕無寄生蟲蟲卵

台灣鯛遭受曲解，背負汙名其實並非始於今日，始作俑者亦非韓國電視台。筆者近日偶見「江醫師追求零污染鋪子」官網「江醫師談健康」專欄，兩年前刊出、至今仍張貼且廣受轉載的文章《五星級飯店餐廳的生魚片出現蟲蟲危機？！》，批評的對象正是台灣鯛（江，2010）。

江守山醫師寫道：「星期天參加一個長輩的壽宴時，在某五星級大飯店附設的餐廳用餐，當走到『生魚片吧台』一看，讓我只能直搖頭，業者竟把淡水魚—吳郭魚（又名台灣鯛）直接擺上給客人吃。如果是深海魚當生魚片，我還可理解，但淡水魚就無法苟同了！」讓江醫師無法苟同、不以為然的原因是：「從小就知道，吳郭魚是不能拿來做生魚片的，因為淡水魚含有很多寄生蟲的卵，吃下肚後，身體裡會孵出很多的寄生蟲。」由於台灣鯛出貨前常經海水養殖階段，作者特地強調：「（海水）不會讓（魚）身上的蟲卵死去，所以大家吃了還是會讓肝臟、中樞神經、腸胃道有很多寄生蟲寄生的風險。」

知名專業醫師以行銷「零污染」漁產品創業，成功擄獲高收入顧客層之青睞與信任，卻長期言之鑿鑿地誤導消費者。筆者基於寄生蟲學專業，鄭重澄清：無論淡水魚或海水魚，魚肉內絕無任何寄生蟲蟲卵，更不可能因食用魚肉而讓人體孵出很多寄生蟲。不過，江醫師倒是說出了部份臨床醫師的真心話：「因為台灣現在已是比較開發國家，一般醫生很少會遇到寄生蟲的病例。所以讓醫生來診斷這種寄生蟲千奇百怪的問題是很困難的，導致病人跑了很多家醫院都檢查不出問題的所在。」作者繼續強調淡水魚生魚片之可怕：「寄生蟲通常抽血也檢驗不到的，斷層掃描也沒辦法發現，所以只能以開刀的方式來處理，病情嚴重的話會發現肝臟和腦袋裡都充滿著蟲。」

術業有專攻，除了寄生蟲學者外，常見的或台灣已是其疫區的寄生蟲病例，應該難不倒用功的醫師和醫檢師。關於寄生蟲檢驗方法，最基本而直接的是檢查患者糞便、尿液、痰液或陰道分泌物裡的蟲卵、幼蟲或成蟲蟲體及殘餘物等，間接法則是抽血化驗其中之寄生蟲抗體或抗原。對於原蟲類感染，譬如瘧疾病原瘧原蟲則製作血液抹片標本，染色後在顯微鏡下鏡檢即可。至於斷層掃描？已不是殺雞用牛刀或浪費醫療資源並且無端曝露輻射劑量問題，而是根本找不到微小的蟲卵和幼蟲。此外，萃取檢體之總 DNA 作為模板，利用寄生蟲專一性引子對（primer pairs）進行聚合酶連鎖反應

(PCR)，亦成為篩檢幼蟲或殘餘蟲體之例行技術。「寄生蟲實驗診斷學」和「寄生蟲免疫診斷學」兼備古典與現代之技術和原理，涵蓋所有已知寄生蟲之檢驗與診斷，完全不必採用侵入性的「以開刀的方式來處理」。

至於寄生蟲病之治療，也是從投藥開始，數種廣效性殺蟲藥物已可有效除蟲。所謂「只能以開刀的方式來處理」和「肝臟裡都充滿著蟲」，作者隱射的即是以淡水魚類為第二中間寄主、台灣久為疫區之中華肝吸蟲 (*Clonorchis sinensis*)，當患者膽囊內充滿肝吸蟲成蟲時，開刀摘除膽囊確實是通行且理想之治療策略。不過，作者刻意忽略，海水魚更是重要人畜共通寄生蟲—海獸胃線蟲 (*Anisakis simplex*) 的第二中間寄主或保蟲寄主之事實，此蟲已被證實可引起成人過敏 (施, 2001; 2004)。作者卻又自相矛盾，「江醫師追求零污染鋪子」販售的淡水養殖類水產品，「台灣鯛」魚片以及魚下巴也在產品名單之列，同時對於每台斤售價 780 元的台灣鯛魚片，官網並未如此警告顧客：不可做沙西米或握壽司等生食料理。

生食淡水魚魚肉之主要寄生蟲風險是感染中華肝吸蟲，因為魚肉內可能有其囊狀幼蟲 (metacercaria) 休眠。人或家畜攝入後，幼蟲在十二指腸脫囊而出，移行至總膽管和膽囊內發育成熟，蟲卵隨寄主糞便排入淡水水域，孵化之纖毛幼蟲 (miracidium) 鑽進螺體，經無性繁殖產出大量尾動幼蟲 (cercaria)，游泳侵入魚體肌肉，發育為感染人畜之囊狀幼蟲。中華肝吸蟲早年因「豬圈架在池塘上」之農漁牧綜合養殖方式而盛行，受感染之魚種以鯉科為主，亦包括改良出台灣鯛之吳郭魚。

當「海水魚魚肉存在海獸胃線蟲第三期幼蟲囊體乃自然現象」已成常識 (施, 2012a, b)，無論撈捕自海洋或海水箱網養殖之魚類—譬如全球明星魚種海鱸 (*Shih et al., 2010*)—皆難逃海獸胃線蟲感染，憑藉嚴謹合格加工過程之保障，全球消費者並不因噎廢食而放棄海水魚生魚片之際，當然不必捨棄營養美味之淡水養殖魚類

產品。現行台灣鯛養殖模式已徹底阻斷中華肝吸蟲生活史，蟲卵無從進入養殖池內，同時經由驗收與加工過程之把關，篩檢淘汰不良與可疑之魚肉原料，足以確保產品品質。

四、生魚片寄生蟲危害之管控

評定生魚片品質的標準有肉質和衛生安全兩方面，包括：魚種、生長水域的清潔度、冰存溫度以及分切時之衛生狀況等（傅與簡，2006），從魚類原料來源到加工處理，整條生產鏈皆需訂定規範並確實遵循。適合國人口味，用以製作生魚片的魚種大多固定於數種，市場調查結果顯示，台灣地區生魚片流通業者最常供應之魚種依序為鮭魚 77%、旗魚 74%、紅魷 72%和鮪魚 71%（林，2002）。

對於鮪魚和旗魚等遠洋洄游性魚類以及其他近海性魚種，若撈捕之水域未遭污染則保有可接受之清潔度；養殖魚類則需由業者監控水質，避免工業廢污水或病原菌之污染（傅與簡，2006）。漁貨一經捕捉或採收，由於水中的微生物勢將沾附於魚皮和魚鰓，同時存在於消化道中，因此維持魚體之低溫貯存乃關鍵步驟，以免微生物迅速繁殖而導致魚肉腐敗，其中尤以特定腐敗菌（specific spoilage bacteria, SSB）最為關鍵（Huss, 1994），同時魚隻之自體消化酵素亦會迅速作用而使肉質劣變（Jay, 1986）。此外，近來研究海水魚發現，當海獸胃線蟲第三期幼蟲從魚的消化道移行穿過胃腸壁，進入腹腔，而後鑽進肌肉時，可能將魚消化道內包括 SSB 在內之細菌，引入魚肉而加速其腐敗（Svanevik *et al.*, 2013）。

美國食品藥品管理局（FDA）1996 年發布第一版美國《魚類與漁產品危害及管理指南》（Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance），由於具備以科學為基礎、規範嚴謹以及作業可行性高等優點，因此被視為水產加工業實施「危害分析及重要管制點系統」（HACCP, Hazard Analysis Critical Control Point）之聖經。《指南》中將涉及脊椎動物的潛在危險，依魚種逐一條列出五

大類：生物性的僅有寄生蟲，化學性的則包括天然毒素、組織胺、化學物質和藥物等。寄生蟲欄位皆如此註明：當產品擬由消費者或最終使用者蒸煮食用時，不適用本危害。換言之，消費者若擬食用全生或未全熟之漁產品，寄生蟲危害仍是不可忽略之威脅。

第4版《指南》於2011年發布，增補第五章《淡水養殖魚類的寄生蟲危害》，包括肝吸蟲、肺吸蟲及腸吸蟲的幼蟲。關於這三類寄生蟲之感染來源，肝吸蟲囊幼係休眠於魚肉內，前文已提及；而肺吸蟲囊幼生存於淡水蟹類和螯蝦，因此食用大匣蟹和醉蟹類料理時務需警惕；最盛行之腸吸蟲—薑片蟲並無第二中間寄主，自螺體鑽出之尾動幼蟲在水生植物上結囊，因此不致危害漁產品，但橫川氏吸蟲和異形吸蟲之囊幼則寄生在魚鱗或魚鰭上，魚肉內少見，不過仍可能污染廚餐具而導致傳染。

關於寄生蟲危害之管控，第4版《指南》綜合美國胃腸病學家對美國水產品感染寄生蟲之研究結果，修訂足以殺死寄生蟲之冷凍溫度和時間如下：(1)冷凍和貯存在 -20°C （或以下）為期7天；(2)在 -35°C （或以下）冷凍至硬化並貯存於 -35°C （或以下）15小時；(3)在 -35°C （或以下）冷凍至硬化並貯存於 -20°C （或以下）24小時。上述建議管控條件僅指凍結期間之環境溫度和在凍結溫度下貯存的時間，或水產品完全凍硬後，貯存於凍結溫度下的時間；如果最終產品是已經拆散和漂洗後的魚卵，則排除寄生蟲危害之可能性。

最後補充兩項《指南》並未列出之潛在寄生蟲危害：條蟲和微孢子蟲（microsporidians）。淡水魚肌肉亦為條蟲長尾幼蟲（plerocercoid）寄生之棲所，主要為裂頭條蟲屬，至少已有13種可感染人類，最盛行者為寄生於人體腸道之廣節裂頭條蟲（*Diphyllobothrium latum*）。主要感染風險即來自於食用生的、未全熟或鹽醃製之魚肉料理，若污水處理不完善，養殖環境則可能遭受寄主糞便中條蟲蟲卵之污染，終而感染魚體（Deardorff, 1991）。從魚肉中可檢出之微孢子蟲類有：微孢子蟲（*Nosema*）、腸孢蟲（*Enterocytozoon*）和匹里蟲（*Pleistophora*）等3個屬，同時亦曾於

愛滋病以及其他嚴重免疫不全患者體內分離出上述病原，然而這些病例皆被視為伺機性感染，尚未確認微孢子蟲之感染來源（Cali, 1991）。此外，日本發佈的《水產品食安寄生蟲報告》指出，赤痢變形蟲（*Entamoeba histolytica*）導致之阿米巴痢疾病例有逐年上升現象。由此可見，攝食漁產品面臨之寄生蟲危害，已從線蟲、吸蟲和條蟲等後生動物，擴大到微孢子蟲和變形蟲等單細胞原生動物類。

五、結語

民以食為天，鮮美的漁產品向來是人類獲得動物蛋白質之重要來源。身為地球生物圈和多個食物網之成員，面對寄生蟲遍存於魚蝦貝類與頭足類軟體動物之事實，人類其實無須怨嘆。知識就是力量，破除迷思，撥正有意或無心之誤導，自可安享美食。亟需關注重視的是，地球生命起源、物種豐富多樣的浩瀚海洋已出現竭澤而漁的危機。

以影響人類歷史且為國人嗜食之鱈魚為例，真鱈魚如今量少價昂，市面上幾乎皆由狹鱈、銀鱈甚至大比目魚冒名頂替；然而鱈魚卻曾經餵飽中世紀窮苦飢餓的歐洲人民，數量豐富到魚群佈滿漁船周圍、漁夫幾乎可以踩著鱈魚登陸的程度。望洋興歎之餘，務須體認：漁業資源規劃管理和海洋生物多樣性維護保育，實為不可偏廢之相關議題。

參考文獻

- 江守山 (2010) 五星級飯店餐廳的生魚片出現蟲蟲危機?! 「江醫師追求零污染鋪子」官網, 「江醫師談健康」專欄, 2010年7月30日發表。
http://www.drfish.com.tw/02_news_content.asp?sn=100
- 沈世傑等 (1993) 台灣魚類誌。臺灣大學動物學系印行。
- 沈載勳 (2013) 只顧賣台灣鯛 卻不顧品牌形象。2013年11月6日聯合報, 民意論壇。
<http://udn.com/NEWS/OPINION/X1/8279019.shtml>
- 余豈 (2013) 真假都下肚 台灣怎消化。2013年11月7日聯合報, 民意論壇。
<http://udn.com/NEWS/OPINION/X1/8281454.shtml>
- 林美良 (2002) 市售生魚片之衛生品質調查與安全之改進。國立中興大學食品科學系碩士論文。
- 邵廣昭 (2013) 台灣魚類資料庫, 網路電子版 <http://fishdb.sinica.edu.tw>。
- 施秀惠 (2001) 概說海獸胃線蟲。臺大漁推, 第13期, 1-13頁。國立臺灣大學漁業推廣委員會出版。
- 施秀惠 (2004) 海魚線蟲之迷思與剖析。臺大漁推, 第15期, 15-34頁。國立臺灣大學漁業推廣委員會出版。
- 施秀惠 (2012a) 海魚有線蟲, 其實並不偶然。2012年10月22日中國時報, 時論廣場。
- 施秀惠 (2012b) 海魚感染海獸胃線蟲屬於自然現象。臺大漁推, 第23期, 45-49頁。國立臺灣大學漁業推廣委員會出版。

傅安弘，簡嘉靜 (2006) 生魚片食用安全及製備流程衛生之消費者
認知研究。餐旅暨家政學刊，第3卷，241-267 頁。

Cali, A. (1991) General microsporidian features and recent findings on
AIDS isolates. Journal of Protozoology 38, 625-630.

Deardorff, T.L. (1991) Epidemiology of marine fish-borne parasitic
zoonoses. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and
Public Health 22 Supply, 146-149.

Huss, H. H. (1994) Assurance of food safety. In FAO Fisheries
Technical Paper 334, pp. 46-51.

Jay, J. M. (1986) Food spoilage. In Modern Food Microbiology. 3rd ed.,
pp. 191-255. New York, Van Nostrand Reinhold.

Nelson, J. S. (2006) Fishes of the World. 4th Edition: New York: John
Wiley and Sons, Inc.

Shih, H. H., Ku, C. C., Wang, C. S. (2010) *Anisakis simplex* (Nematoda:
Anisakidae) third-stage larval infections of marine cage cultured
cobia, *Rachycentron canadum* L., in Taiwan. Veterinary
Parasitology 171, 277-285.

Svanevik, C. S., Bevsen, A., Lunestad, B. T. (2013) The role of
muscle-invading anisakid larvae on bacterial contamination of
the flesh of post-harvest blue whiting (*Micromesistius poutassou*).
Food Control 30, 526-530.

電話：(02) 3366-2504，電郵：shihhh@ntu.edu.tw

飼料中添加不同濃度與來源之類胡蘿蔔素 對珍珠鱗金魚增豔效果之影響

張嘉育¹、廖文亮^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

珍珠鱗金魚 (*Carassius auratus auratus*)，俗名 pearlscale goldfish、珠鱗，是野生鯽魚演化而來的彩色變種之金魚。原產於亞洲的中國和日本，天然環境喜生活於低水溫、水流慢，且有水生植物的河流、湖泊、池塘、瀉湖和水溝等水域。主要攝食各種水生植物（包括藻類）、有機碎屑、甲殼動物、蠕蟲和昆蟲，具有在底部吸食的習性會攪動養分與提高水濁度有助於藻類及水生植物大量繁殖 (Morgan *et al*, 2004; Richardson *et al*, 1995)。由於此魚種每次可產下多達幾十萬顆小型的卵（直徑 1~2 mm），一尾種魚可產卵 3~10 批，產卵間隔 8~10 天，可利用選擇性繁殖，生產各種各樣的色彩和不同形狀的鰭金魚品種，這些魚如果被釋放到野外，通常會恢復到原始的橄欖青銅色和正常形狀的鰭 (McDowall, 2000)。因能耐受鹽度高於 15 ppt 及低溶氧的環境，圈養環境下可活 30 年，為非常受歡迎的水族觀賞魚，已被引入全世界各地。

魚的體色會因不同的生長階段與環境而改變，其呈現顏色受到多重因子影響，包含色素細胞的型態、數量及環境的變化。一般在真皮層中包含三種的色素細胞，是構成體色的基本單元，第一種為黃色素細胞 (xanthophores)，包含蝶啶 (pteridine)、類胡蘿蔔素 (carotenoid) 色素，第二種為黑色素細胞 (melanophores)，包含

了黑色素 (melanin)，第三種為彩虹色素細胞 (iridophore)，經由此三種色素細胞結構變化影響體色。其中類胡蘿蔔素與黑色素，是魚類中較常研究的二種色素，而魚體呈現的各種紅色、橙色、黃色則會隨著與黃色素結合類胡蘿蔔素種類與數量而有所影響 (Price *et al.*, 2008)。此外魚體可經由側線感知環境後，由神經及內分泌系統操控色素細胞內色素的聚散，達到快速而短期的體色變化。透過色素細胞的種類更替消長與色素細胞內的色素蓄積與代謝之變化，則較為緩慢而長期的體色呈現 (Fujii, 2000)。體色對魚類具有多樣的生物功能，其中在生態行為上較廣泛被認識的為擇偶選擇 (sexual selection)，是藉由個體醒目的體色爭取更多與異性交配機會的種內競爭 (Berglund *et al.*, 1996)。其它的功能還包括物種的辨識 (species recognition)、警戒色彩 (warning colouration)、侵略展示 (aggressive displays) 及偽裝作用 (camouflage) (Svensson and Wong, 2011)。

除了生態行為上的意義之外，體色也具有許多生理功能，在影響體色的類胡蘿蔔素中也有愈來愈多的作用被發現。例如在藍或紅色鬥魚 (*Betta splendens*) 的二個品系的研究中發現，類胡蘿蔔素在紅色雄鬥魚身上，可以增強紅色程度來吸引雌魚增加繁殖的機會。而在藍色雄鬥魚身上，類胡蘿蔔素的含量則呈現較高的免疫能力 (Clotfelter *et al.*, 2007)。孔雀魚 (*Poecilia reticulata*) 的研究也指出，雄孔雀魚攝食較多的類胡蘿蔔素，會提升身上橘色的鮮豔度，並可增加吸引雌魚的機會 (Kodricbrown, 1989)，且具有較高的免疫能力來抵抗外部的寄生蟲 (Kolluru *et al.*, 2006)。被治癒寄生蟲疾病後的雄孔雀魚，身上橘色的鮮豔度會下降，減少吸引雌魚配種的機會 (Houde and Torio, 1992)。綜合以上研究，可以了解魚的體色不僅在生態與生理上皆具有一定的重要性，在不同魚種利用類胡蘿蔔素的策略上亦有所差異。類胡蘿蔔素除了提供卵黃色澤之外，在魚卵中的多元不飽和脂肪酸易氧化及快速的被氧化劑所破壞，於胚胎發育時期的快速代謝卻會不斷的產生氧化劑，因此類胡蘿蔔素具有能夠降低氧化壓力的功能，在胚胎發育顯得相當重要 (Blount *et al.*, 2000; Miki, 1991)。

二、類胡蘿蔔素

類胡蘿蔔素廣泛存在自然界中已被發現約有 750 以上的種類，一般由植物、藻類或微生物合成，雖然動物身上也被發現存在類胡蘿蔔素，但由於動物無法自身合成，僅能由食物中攝取或經酵素代謝轉換的類胡蘿蔔素 (Goodwin, 1986)。依結構大致可分成二大類，一為結構中不含氧，僅由碳與氫原子所構成的胡蘿蔔素 (carotenes)，例如： β -胡蘿蔔素 (β -carotene)、蕃茄紅素 (lycopene)；另一類則為結構中含氧原子的葉黃素 (xanthophylls)，例如：玉米黃素 (zeaxanthin)、蝦紅素 (astaxanthin)。由於類胡蘿蔔素含有的多個共軛雙鍵結構，容易吸收波長 400-500 nm 的光，呈現出各種黃色、橙色或紅色 (Bjørnland, 1997)。此二類結構穩定性不高，容易受到氧、光、熱和酸的影響產生異構化的現象。

類胡蘿蔔素在生物體中可單獨的以游離的型式存在或與脂質、蛋白質結合。在皮膚上的類胡蘿蔔素經常與脂肪酸結合而以酯化的型式存在。蝦紅素 (astaxanthin) 為水生生物中最常見的類胡蘿蔔素，如嘉鱘魚 (*Pagrus pagrus*) 以此種方式在魚皮蓄積蝦紅素，而鮭鱒科的魚類則在魚肉上蓄積。甲殼類生物體內的蝦紅素常與外骨骼中的蛋白質結合形成類胡蘿蔔素蛋白 (carotenoproteins)，因色素分子結構與蛋白質結合後使得色素穩定性增加，又因結合的蛋白質分子量不同，使得甲殼類呈現出如紫色、藍色甚至綠色等不同的顏色 (Zagalsky *et al.*, 1970)。甲殼類經過熱處理後使得類胡蘿蔔素結合蛋白變性後，甲殼類會顯現出蝦紅素的紅色 (Cianci *et al.*, 2002)。

赤鰭笛鯛 (*Lutanus erythropterus*) 的飼料中添加螺旋藻粉與合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在 50 和 100 mg/kg diet，初始平均體重約 35 g 經飼養 8 週後，添加的四組魚皮類胡蘿蔔素含量為 0.99-1.62 mg/100 g 較對照組的 0.84 mg/100 g 為高，添加螺旋藻粉使其類胡蘿蔔素含量為 100 mg/kg diet 的效果最佳。飼料中添加合成蝦紅素，

使其類胡蘿蔔素含量在 50 和 100 mg/kg diet，初始平均體重約 2.33 g 經飼養 6 週後，添加的兩組魚皮類胡蘿蔔素含量為 0.88 和 1.74 mg/100 g 較對照組的 0.79 mg/100 g 為高（曾，2004）。

紅色吳郭魚（*Oreochromis sp.*）的飼料中添加含蝦紅素的大腸桿菌粉與合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在 50 和 100 mg/kg diet，初始平均體重約 53 g 經飼養 60 天後，添加的四組魚皮類胡蘿蔔素含量為 2.35-3.65 mg/100 g 較對照組的 0.69 mg/100 g 為高（黃，2009）。珍珠鱗金魚（*Carassius auratus auratus*）的飼料中添加玉米黃素及合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在 5、10、15 及 20 mg/kg diet，初始平均體重約 2.69 g 經飼養 7 週後，添加的八組魚皮類胡蘿蔔素含量為 0.042-0.253 mg/100 g 較對照組的 0.021 mg/100 g 為高，添加合成蝦紅素使其類胡蘿蔔素含量為 20 mg/kg diet 的效果最佳（張，2013）。

三、類胡蘿蔔素代謝模式

水生動物外表的呈色除了與攝入的色素種類有關之外，也可能經由自身的酵素系統轉換而代謝成其它種類的類胡蘿蔔素，也因為各個物種轉換及蓄積類胡蘿蔔素的能力不盡相同，因此呈色結果也有所差異。蝦紅素為多數水生動物蓄積的類胡蘿蔔素，將其他類胡蘿蔔素轉換成蝦紅素之代謝模式分為以下三種。

1. 紅鯉型（Red carp type）

如：錦鯉（*Cyprinus carpio*）、金魚（*Carassius auratus*）等，可以利用 Lutein、Zeaxanthin 或中間的代謝物轉換成蝦紅素，大部分的淡水魚屬於此類型。

2. 鯛魚型（Sea bream type）

如：嘉鱻（*Pagrus major*）、鱒魚（*Onchorhynchus kisutch*）、鮭魚（*Salmo gairdoeri*）等，不能由其它的類胡蘿蔔素轉換成蝦紅素，但可以直接將蝦紅素吸收蓄積在體內，大部分的海水魚以及鮭鱒科的魚類屬於此類型。

3. 蝦型 (Prawn type)

甲殼類可以利用 β -carotene、Zeaxanthin 或中間的代謝物轉換成蝦紅素，大部分的蝦屬於此類型。

赤鰭笛鯛的飼料中添加螺旋藻粉使其類胡蘿蔔素含量為 100 mg/kg diet 的效果最佳，此魚種的類胡蘿蔔素代謝模式可以利用 Lutein、Zeaxanthin 或中間的代謝物轉換成蝦紅素為紅鯉型 (曾, 2004)。紅色吳郭魚的飼料中添加含蝦紅素的大腸桿菌粉與合成蝦紅素，魚皮類胡蘿蔔素含量為 2.35-3.65 mg/100 g 較對照組的 0.69 mg/100 g 為高，雖然無添加 Lutein、Zeaxanthin 或中間的代謝物轉換成蝦紅素的實驗，其類胡蘿蔔素代謝模式應為紅鯉型 (黃, 2009)。珍珠鱗金魚的飼料中添加合成蝦紅素使其類胡蘿蔔素含量為 20 mg/kg diet 的效果最佳。研究中添加的玉米黃素 Zeaxanthin 可轉換成蝦紅素此魚種為紅鯉型 (張, 2013)。

四、體色的呈色測定

顏色的測定方法係根據國際照明委員會 (Munsell Color Science Lab) 依據模擬人眼感官所能感受的色彩空間 CIE $L^*a^*b^*$ 系統。此套系統將顏色定義出顏色參數 (a^* , b^* 和 L^* 值)， a^* 值越高代表紅色程度越高，而 a^* 值越低代表綠色程度越高； b^* 值越高代表黃色程度越高，而 b^* 值越低代表藍色程度越高； L^* 值代表亮度，其值越高代表亮度越高。其應用方法為，利用色差計 (Color difference meter) 如圖 1 所示，直接偵測魚體四個位置如圖 2 所示，並可利用色差公式色差值 $\Delta E = [(a-a_c)^2 + (b-b_c)^2 + (L-L_c)^2]^{1/2}$ ，其中 a_c , b_c 和 L_c 為對照組的 a , b 和 L 值計算顏色差異值 (ΔE) 比較色差。當 $\Delta E > 6$ 則表示已達人眼感官可明顯分辨的標準。

天然的嘉鱻 (*Pagrus pagrus*) 與養殖的魚其 ΔE 可達 13.5，天然的香魚 (*Plecoglossus altivelis*) 與養殖的魚其 ΔE 可達 13.5，皆達人眼感官可以明顯感受到差異的程度 (Aoki *et al.*, 1991)。赤鰭笛鯛

的飼料中添加螺旋藻粉與合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在50和100 mg/kg diet，初始平均體重約35 g經飼養8週後，可使平均 ΔE 達8.6-13.3。飼料中添加合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在50和100 mg/kg diet，初始平均體重約2.33 g經飼養6週後，可使平均 ΔE 達7.0-9.0二次實驗結果皆達人眼感官能明顯感受到差異的效果，主要與對照組呈現紅色的差異（曾，2004）。紅色吳郭魚的飼料中添加含蝦紅素的大腸桿菌粉與合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在50和100 mg/kg diet，初始平均體重約53 g經飼養60天後，可使平均 ΔE 達9.06-14.15，實驗結果可達人眼感官能明顯感受到差異的效果，主要與對照組呈現紅色的差異（黃，2009）。珍珠鱗金魚的飼料中添加玉米黃素及合成蝦紅素，使其類胡蘿蔔素含量在5、10、15及20 mg/kg diet，初始平均體重約2.69 g經飼養7週後，如圖3所示，對照組的體色偏淡，添加玉米黃素的各組體色偏黃，而添加蝦紅素的各組體色偏紅。可使平均 ΔE 達5.27-15.22，結果顯示添加合成蝦紅素主要能夠明顯提升的為紅色色澤，而添加玉米黃素能夠明顯提升的為黃色色澤（張，2013）。

五、類胡蘿蔔素之最適添加量

在嘉鱻 (*Pagrus pagrus*) 的研究中指出，以體表呈色值做為評估依據，建議以蝦殼粉做為色素來源時，蝦紅素在飼料中的最適添加量為 40 mg/kg diet，以期能夠有效促進體色呈現紅色 (Kalinowski *et al.*, 2005)。另一種嘉鱻 (*Pagrus auratus*) 的研究中建議，以體表呈色值做為評估依據，蝦紅素在飼料中的最適添加量為 30 mg/kg diet，經 50 天在箱網中飼養後可以有效的增進紅色色澤 (Doolan *et al.*, 2008)。金魚 (*Carassius auratus*) 的研究中建議，由體內的類胡蘿蔔素蓄積為評估依據，添加 100 mg/kg diet 的類胡蘿蔔素到飼料中，經 60 天飼養後可以有效的增加組織內的類胡蘿蔔素，進而增強色澤來提高市場接受度 (Yanar *et al.*, 2008)。亦有研究建議，在上市前 120-180 天的嘉鱻投餵以蝦殼粉做為蝦紅素來源，蝦紅素

含量為 21 mg/kg diet 的飼料，可以使體色接近野生飼養的魚隻，並能夠提升魚皮中的類胡蘿蔔素含量 (Kalinowski *et al.*, 2007)。赤鰭笛鯛的飼料中添加螺旋藻粉或使含蝦紅素使其類胡蘿蔔素含量為 100 mg/kg diet 的效果最佳 (曾, 2004)。紅色吳郭魚的飼料中添加含蝦紅素的大腸桿菌粉與合成蝦紅素使其類胡蘿蔔素含量為 100 mg/kg diet 的效果最佳 (黃, 2009)。珍珠鱗金魚的飼料中添加玉米黃素及合成蝦紅素使其類胡蘿蔔素含量為 20 mg/kg diet 的效果最佳，添加的類胡蘿蔔素含量可以考慮以體表之呈色效果為標準，較能符合提升魚體增色之目的實用性與飼料成本之經濟性，並非一定要滿足體內組織蓄積之類胡蘿蔔素完全達到飽合程度，故建議珍珠鱗金魚在飼料中玉米黃素及合成蝦紅素的添加量為 15 mg/kg diet (張, 2013)。

六、結語

觀賞魚的貿易產業以南美慈鯛科種類為最多，而珍珠鱗金魚也是主要觀賞魚之魚種。飼養的飼料中添加玉米黃素與合成蝦紅素可以增加魚體體表之呈色作用，但對其成長表現沒有影響。玉米黃素主要使色差計所測得的 b 值有上升的趨勢呈現黃色色澤，而合成蝦紅素則對 a 值的上升比較有明顯的作用呈現紅色色澤，若停止供給類胡蘿蔔素的添加飼料體色呈現褪色的現象。珍珠鱗金魚在類胡蘿蔔素代謝模式代中，確實能夠將玉米黃素，或其中間產物轉換成蝦紅素為紅鯉魚型 (red carp type) 的代謝類型。合成蝦紅素影響珍珠鱗金魚體色的呈色效果較玉米黃素為佳，並以 15 mg/kg diet 為最適添加量。

參考文獻

- 曾偉誠(2004)，飼料中添加不同類胡蘿蔔素對赤鰭笛鯛體色之影響。國立臺灣大學漁業科學研究所論文。65 頁。
- 黃侑勛(2009)，飼料中添加不同濃度與來源之類胡蘿蔔素對紅色吳郭魚體表增豔效果之影響。國立臺灣大學漁業科學研究所論文。58 頁。
- 張嘉育(2013)，飼料中添加不同濃度與來源之類胡蘿蔔素對珍珠鱗金魚增豔效果之影響。國立臺灣大學漁業科學研究所論文。57 頁。
- Aoki, T., Takada, K., and Kunisaki, N. (1991). On the study of proximate composition, mineral, fatty acid, free amino acid, muscle hardness, and color difference of six species of wild and culture fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 1927-1934.
- Berglund, A., Bisazza, A., and Pilastro, A. (1996). Armaments and ornaments: An evolutionary explanation of traits of dual utility. *Biol. J. Linnean Soc.* 58, 385-399.
- Bjørnland, T. (1997). UV-vis spectroscopy of carotenoids. In *Phytoplankton Pigments in Oceanography* (Paris UNESCO), pp. 578-594.
- Blount, J.D., Houston, D.C., and Moller, A.P. (2000). Why egg yolk is yellow. *Trends Ecol. Evol.* 15, 47-49.
- Cianci, M., Rizkallah, P.J., Olczak, A., Raftery, J., Chayen, N.E., Zagalsky, P.F., and Helliwell, J.R. (2002). The molecular basis of the coloration mechanism in lobster shell: beta-crustacyanin at 3.2-angstrom resolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, 9795-9800.

- Clotfelter, E.D., Ardia, D.R., and McGraw, K.J. (2007). Red fish, blue fish: trade-offs between pigmentation and immunity in *Betta splendens*. *Behavi. Ecol.* 18, 1139-1145.
- Doolan, B.J., Allan, G.L., Booth, M.A., and Jones, P.L. (2008). Effect of carotenoids and background colour on the skin pigmentation of Australian snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider, 1801). *Aquacul. Res.* 39, 1423-1433.
- Fujii, R. (2000). The regulation of motile activity in fish chromatophores. *Pigment Cell Res.* 13, 300-319.
- Goodwin, T.W. (1986). Metabolism, nutrition, and function of carotenoids. *Annual Revi. Nutri.* 6, 273-297.
- Houde, A.E., and Torio, A.J. (1992). Effect of parasitic infection on male color pattern and female choice in guppies. *Behavi. Ecol.* 3, 346-351.
- Kalinowski, C.T., Izquierdo, M.S., Schuchardt, D., and Robaina, L.E. (2007). Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. *Aquaculture* 272, 451-457.
- Kalinowski, C.T., Robaina, L.E., Fernandez-Palacios, H., Schuchardt, D., and Izquierdo, M.S. (2005). Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture* 244, 223-231.
- Karino, K., and Haijima, Y. (2004). Algal-diet enhances sexual ornament, growth and reproduction in the guppy. *Behaviour* 141, 585-601.
- Kodricbrown, A. (1989). Dietary carotenoids and male mating success in the guppy - an environmental component to female choice. *Behavi. Ecol. Sociobiol.* 25, 393-401.

- Kolluru, G.R., Grether, G.F., South, S.H., Dunlop, E., Cardinali, A., Liu, L., and Carapiet, A. (2006). The effects of carotenoid and food availability on resistance to a naturally occurring parasite (*Gyrodactylus turnbulli*) in guppies (*Poecilia reticulata*). *Biol. J. Linnean Soc.* 89, 301-309.
- McDowall, R. M. (2000). The reed field guide to New Zealand freshwater fishes. Auckland, Reed. Reed Books, Auckland. 224 p.
- Miki, W. (1991). Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure Applied Chem.* 63, 141-14.
- Morgan, D. L., Gill, H. S., Maddern, M. G., Beatty, S. J. (2004). Distribution and impacts of introduced freshwater fishes in Western Australia. *New Zealand. J. Marine and Freshwater Res.* 38: 511-523.6.
- Price, A.C., Weadick, C.J., Shim, J., and Rodd, F.H. (2008). Pigments, patterns, and fish behavior. *Zebrafish* 5, 297-307.
- Richardson, M. J., Whoriskey, F. G., Roy, L. H. (1995). Turbidity generation and biological impacts of an exotic fish, *Carassius auratus*, introduced into shallow seasonally anoxic ponds. *J. Fish Biol.* 47(4): 576-585.
- Svensson, P.A., and Wong, B.B.M. (2011). Carotenoid-based signals in behavioural ecology: a review. *Behaviour* 148, 131-189.
- Yanar, M., Ercen, Z., Hunt, A.O., and Buyukcapar, H.M. (2008). The use of alfalfa, *medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 284, 196-200.
- Zagalsky, P.F., Ceccaldi, H.J., and Daumas, R. (1970). Comparative studies on some decapod crustacean carotenoproteins. *Comp. Biochem. Physiol.* 34, 579-607

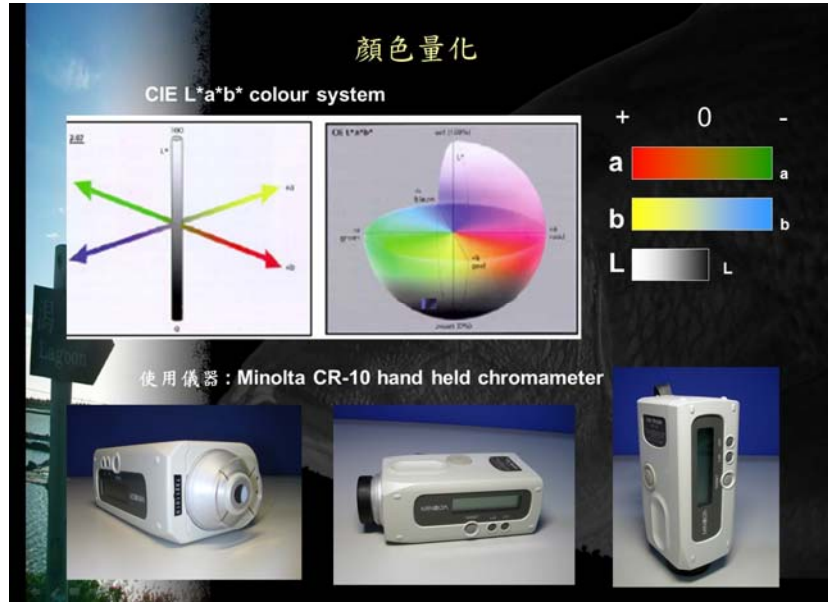


圖 1. 色差計的色彩空間 CIE L*a*b*系統。

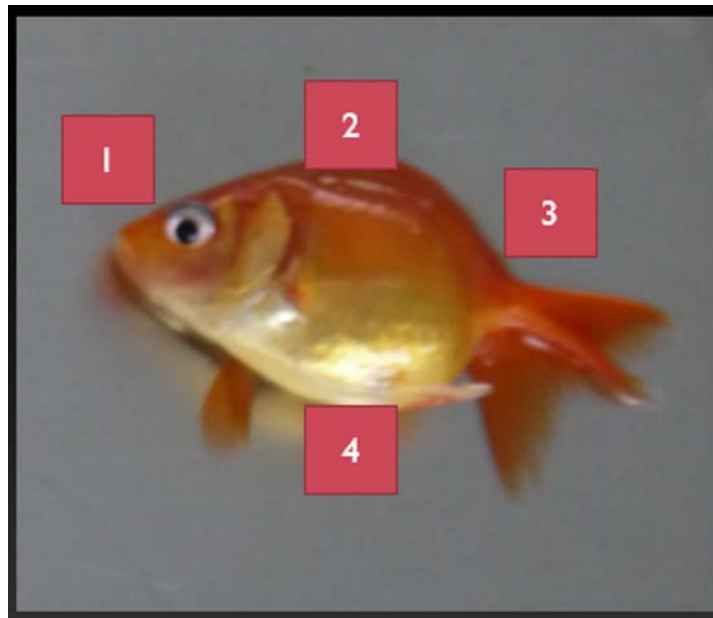


圖 2. 色差計偵測珍珠鱗金魚的確四個位置。

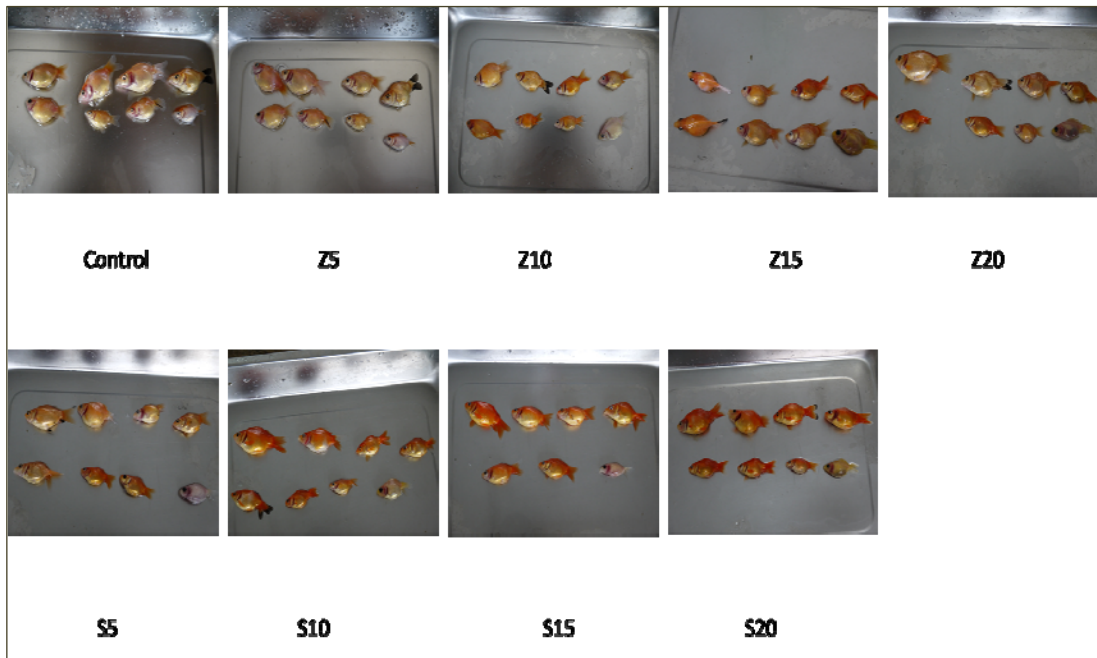


圖 3. 飼料中添加玉米黃素(Z)及合成蝦紅素(S)飼養 7 週後的珍珠鱗金魚呈色照片。

免疫調節技術對於魚類養殖的應用

張景盛¹、吳育昇¹、陳秀男^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

水產相關產業一直是一種高價且優質的傳統產業，但是隨著生態保育意識的興起加上資源枯竭等現實條件，早期以捕撈方式的漁業生產正受到嚴重的衝擊，產量早已無法滿足目前全球市場需求，透過人工繁養殖的水產品，已成為重要的食品供應產業。近年來消費者對於食品健康、食品衛生安全等需求與日劇增，同樣對於水產養殖產業產生重大影響。全球高經濟水產養殖產業普遍面臨的問題，主要在於“產量不足”與“疾病防治成效不彰”兩大方面。過去對於養殖技術與疾病管理的概念，在目前食品安全與永續經營的考量下，面臨嚴峻的挑戰，因此，如何建構新式的養殖管理模式與健康管理策略，將成為未來水產養殖產業重要的關鍵技術。商業化生產關鍵在於如何有效降低成本與提高產量，只有滿足這樣的需求才能創造利潤，這是所有產業重要的基本常識。過去水產養殖產業中，為了創造最大效益，往往一昧追求高密度育成技術與快速疾病治療技術，這樣的發展方向，的確創造了較高的利潤，也促進了整體產業的發展，但是在這樣發展過程的背後，卻需要付出高昂的成本，包括：環境破壞、食品安全危機、病原物抗藥性突變，這些後果往往導致產業一夕崩解。以台灣的水產養殖例子來看，草蝦養殖產業正是這樣惡性循環下的最佳範例，而這樣的例子現在正在全球各地不斷上演。

水產養殖產業是一種跟水、環境、氣候與生物相生共存的產業，所以它跟一般工業化生產的產業具有截然不同的特性，由於生產過程中未知的變數過高，以至於無法有效預估產量，這也是目前所有農業產業所共同面對的艱巨挑戰。台灣由於地少人稠以及土地成本高昂，為了取得最大的利益，許多水產養殖業者必須長期進行高密度放養，而無法讓環境得以休息恢復，使得養殖池中各種有機物質與無機物質長期堆積，例如：殘餌、死亡的生物、排泄物、化學藥物等，甚至是水源中的不同物質與污染物質，這樣不僅對池塘養殖環境造成不良影響，且對養殖生物本身也存在極高的風險。所以要如何穩定提供一個適合養殖生物生存的環境，將成為水產養殖產業最重要的工作，而透過穩定環境方式，的確有效降低了疾病的肆虐與減低養殖生物的緊迫，有效提高產量。

除了環境的挑戰外，疾病問題一直是動物飼育產業中最嚴重的困擾，為了降低疾病感染的風險，過去的管理策略往往偏重藥物使用的技術與新藥物的研發。不可否認，在商業化高密度養殖過程中，以藥物作為疾病控制技術是必須的，但是，在使用過程中對於藥物的效力、使用藥物的方法，甚至劑量的評估都必須非常小心；加上水生生物與陸生生物之間不管在生活環境或是生體條件上都存在著極大的差異，使得水生生物不易以注射方法進行藥物使用，大多改以口服或是浸泡的方式投藥，這樣的過程除了容易產生服藥量不均，加上水生生物必須生活在水中，而水體中的藻類、微生物、或者水中的物質，都有可能直接或間接影響到藥物的效力，所以藥物的用量與使用方法變得難以掌握。這也造成了許多藥物在使用劑量與使用過程的風險，除了藥物殘留影響食品安全之外，對於病原物質抗藥性的誘發、以及對於環境或其他生物的傷害，都難以避免。而這樣的困擾，也造成了在水產養殖產業疾病防治上的重大缺口，除了嚴重影響到產業產值之外，更對於環境與資源的永續利用與消費者的健康造成不可彌補的傷害。

為了解決目前水產養殖產業的困境，不論在養殖技術、水質管理、飼料配方、藥物應用、有益微生物、免疫調節等領域，都有許多新的研究正如火如荼的進行中。在這些不同研究領域中也發現：高密度養殖條件下的水生生物，因不同原因的緊迫交互影響，使得養殖生物的生理機能嚴重失調，這樣不但影響成長，也大幅降低生物本身的免疫能力。在這樣不健康的環境中，養殖生物對於環境與疾病的耐受度自然低落，疾病的威脅也日益提升，自然也難以有效達成預期產值與產量。為了解決這樣的問題，近年來不論是對於免疫調控技術的研究或是免疫調節產品的開發，便成為水產養殖疾病控制與健康管理策略中的顯學。在許多研究中發現，一旦有效提高養殖生物非特異免疫與專一性免疫機能，對於養殖生物在存活率、成長率、以及抗病能力上都有正面的影響，透過許多田間應用實驗證實，這樣的技術或產品可以有效地應用在實際生產過程，而且達到預期的效果。

目前常見的水產養殖免疫調節技術當中，最受矚目的是疫苗的應用。水生生物可以以注射、浸泡、或餵食等方式與陸生生物一樣應用疫苗。但是由於水生生物與陸生生物先天條件上的差異，許多免疫控制技術在水生生物上並無法有效地發揮成效。以疫苗為例，近年來許多研究團隊紛紛針對不同水生生物疾病研發疫苗，不論是不活化疫苗、減毒疫苗、或是新式的基因重組疫苗，都有很好的研發成效。但是至今為止，仍然只有少數水產養殖產業得以應用而且具有良好成果，最好的例子就是挪威鮭魚的養殖過程，使用IPNV不活化疫苗，有效降低死亡率。但是在其他魚類養殖卻難有相同的成果，其最大的問題在於疫苗的使用過程繁瑣費時，往往對魚隻造成嚴重的緊迫。特別是如果需要在魚苗階段使用注射疫苗，由於魚苗數量龐大，加上體型過小不易注射，往往在施打疫苗後，因為緊迫導致大量死亡，而難以達到成效。至於在口服疫苗或浸泡疫苗的研發上，則因為效果不彰或是成本過高而無法有效應用。

在水產養殖產業中，最常應用的免疫調節技術，就是使用有益微生物。有益微生物一直是有效的免疫調控策略，在水產養殖環境中大量使用有益微生物，不但可以調節養殖魚類生理機能，提高免疫能力，而且不同的操作模式甚至可以有效控制水質，穩定養殖環境。使用有益微生物在魚類養殖過程中，主要有兩種模式：其一是可以利用特定微生物添加於養殖水體中；利用微生物穩定水質，透過添加有益微生物與水體中其他微生物競爭或是抑制的途徑，達到減少有害菌量的目標，同時有效降低養殖水體中的有機質。另外一個途徑，可以利用飼料中或是水體中添加有益微生物；利用微生物的特性，穩定魚體內腸道菌相提高免疫能力，透過競爭抑制有害細菌在腸道內滋生，以降低疾病發生的風險，這是一種非常安全而且有效的免疫調節策略。在幼苗培育階段，使用有益微生物具有高度的安全性，而且具有免疫調節的能力，加上微生物本身可以作為營養的來源之一，所以使用有益微生物已經成為目前水產生物養殖的重要工具。

此外，近年來發展的免疫調控策略，就是利用禽鳥類卵黃中的免疫球蛋白（Immunoglobulin of egg yolk；IgY），又稱卵黃抗體。IgY非常類似於哺乳動物的IgG，卵黃抗體主要是由家禽血液經由被動運輸方式到蛋黃中。利用抗體抗原專一性結合之特性，可有效預防與治療因細菌或病毒引起之疾病。只要利用家禽注射水生生物細菌性與病毒性疾病特定抗原，便可生產特異性的抗體並移轉於蛋黃中，這些特定的抗體可以透過口服的方式進入其他動物腸胃道內，在腸胃道內破壞或是中和這些細菌或是病毒，以降低水生生物罹病的風險。這樣的概念可以有效降低水產動物受到細菌性疾病與病毒性疾病感染的風險，甚至可以達到治療的效果。

近年來隨著對於藥物使用的疑慮，如何提高養殖生物自身免疫能力以降低疾病感染的風險，成為許多研究團隊共同的目標。不可諱言，藥物的確可以有效控制細菌性疾病與寄生蟲性疾病，但是，藥物使用所引發的食品安全與環境破壞的後果，卻難以如預期地被控制，更遑論濫用藥物引發病原物質抗藥性突變的困擾。這些問題

嚴重影響到消費者對於食品安全的信心與產業的生存。近年來，隨著免疫調節物質 (Immunomodulator) 或免疫激活物質 (Immunostimulants) 的研究日益完整，利用免疫調節物質進行水產養殖生物的免疫調控，已經成為目前解決疾病問題的重要趨勢。一般而言，免疫調節物質可主要包括：化學合成物的免疫刺激物、真菌或細菌的代謝產物、不同的多醣類、動植物萃取物質、特殊的營養因子、賀爾蒙與細胞激素等六大類。而在這些免疫調節物質當中又以多醣類的葡聚多醣目前最受矚目。目前常見的葡聚多醣免疫調節物主要萃取自燕麥、酵母菌與菇蕈類。葡聚多醣可以有效調控不同生物的免疫反應，並可以輕易透過口服的模式達到免疫調節的目的。同時更有研究指出，使用葡聚多醣可以與疫苗或是其他的免疫操作技術相輔相成，所以葡聚多醣是一種在飼育動物過程中極佳的免疫調控技術。但是過去由於萃取成本高昂，加上生產與應用模式不夠成熟，使得葡聚多醣在應用上仍然有許多瓶頸需要克服。

葡聚多醣之所以會成為目前在健康食品與動物飼育中重要的免疫調節物質，很大的原因除了在取得方式比起某些特殊免疫調節物質容易之外，最大的優勢就是葡聚多醣具有高度的免疫調節活性，而且許多研究中發現，不論在非特異免疫與專一性免疫上，都可以顯著發現葡聚多醣對於免疫系統的調控能力。這些不同來源的葡聚多醣中，又以菇蕈所萃取的葡聚多醣最受矚目。菇蕈所萃取的葡聚多醣非常複雜，一般來說其由許多不同構型的葡聚醣所組成 (例如： β -(1 \rightarrow 3)-glucans、 β -(1 \rightarrow 6)-glucans、 α -(1 \rightarrow 3)(1 \rightarrow 6)-glucans)。菇蕈所產生葡聚多醣具有高分子的特性，較其他來源的葡聚多醣有著顯著差異，具有較高的免疫調節活性，使得應用菇蕈葡聚多醣，被視為未來動物飼育產業中重要的免疫調節技術。

由於目前對於菇蕈培養技術的成熟，加上菌絲體階段可以利用液態醱酵的培養模式，大量生產並萃取葡聚多醣，這樣的生產效率，遠高於過去經由子實體所萃取的效率。使得菇蕈中 β -葡聚多醣可以應用工廠化的生產技術大量生產，遠較其他葡聚多醣容易取得。但是由於菇蕈醱酵與萃取技術的差異，使得所生產菇蕈葡聚多

醣的生物活性有極大的差異，菇蕈葡聚多醣受到的純度、水溶性、分子大小、分支率及構型等影響，其生物活性也有顯著差異。葡聚多醣對於不同生物免疫機能調節，調節與修復生理機能的相關研究可以發現，葡聚多醣具有優異的免疫調節能力，而且由於其不具毒性，是一種非常優異的免疫調節物質。在水生生物的研究上也普遍發現葡聚多醣可以有效調節生理機能，提高對細菌性疾病的抵抗能力。透過浸泡、注射及投餵葡聚多醣等方式，提高非特異性免疫反應，活化吞噬細胞或單核球的吞噬能力，同時活化補體系統，進而提高對於細菌性疾病的抵抗能力，提高水生生物的存活率。而且菇蕈葡聚多醣對於高溫也具有優異的耐受性，可以直接在商用飼料中添加，大幅減少操作的困擾與成本。

而近年來的研究發現，包括石斑魚、台灣鯛、鱸魚、海鱺、鰻魚等，不同淡水與海水的養殖魚類，以及包括草蝦、白蝦、九孔等不同的養殖生物，使用菇蕈葡聚多醣對於其非特異免疫反應與抗病力均有助益。而且可以透過口服的模式調節免疫能力，實際在現場養殖過程中使用，所以菇蕈葡聚多醣已然成為目前水產養殖上重要的免疫調節物質。在不同的現場應用評估中發現：在石斑魚中間育成階段，使用菇蕈葡聚多醣可以提高將近兩成的育成率。在加州鱸魚的養殖過程中也發現，飼料中添加菇蕈葡聚多醣可以提高大約26%的育成率。在箱網養殖海鱺上也發現，若是在魚苗入箱網的階段使用菇蕈葡聚多醣，可以有效降低巴斯德桿菌的威脅，提高夏季魚苗存活率15%以上。

雖然目前已經有不同的免疫調節技術來降低水產養殖的風險，但是不可否認，在現場應用上仍然有許多的瓶頸，例如：疫苗的效果與施打的成本難以平衡；口服疫苗的發展遲緩，無法達到足夠的免疫能力；蛋黃抗體對於高溫與環境的耐受度過低，難以為現場應用；有益微生物的活性不易控制；菌種使用成本過高；菇蕈葡聚多醣價格紊亂；市面上商品的功效差異很大。儘管有這些的問題，但是這些免疫調節物質的研發與應用的技術，卻為未來水產養殖產業指出了一道新的方向。由於食品安全觀念的提升，台灣水產

養殖產業目前最重要的課題便是如何改變生產技術，建立安全甚至完全無藥物使用的養殖環境與技術。但是對於大量商業化的生產過程，要做到完全無藥物使用勢必得降低飼養密度，同時提高生產風險，所以最佳的平衡便是如何提高養殖生物的健康條件。免疫調節技術恰可以作為未來水產養殖的新技術，雖然不同的免疫調節技術與產品都有其功效，但是不論疫苗，抗體，有益微生物，免疫調節物質，這些不同的產品跟操作模式都有最佳的使用時機與操作方式。而如何透過不同技術的發展，以最經濟的方式進行免疫調節，應是未來整體水產養殖產業重要課題。以石斑魚養殖為例：魚苗中間育成階段，使用口服疫苗搭配菇蕈葡聚多醣，有效強化專一性免疫與非特異免疫能力，減少病毒性與細菌性疾病的感染。也可以在這個階段使用特定病毒或細菌免疫的雞蛋蛋黃抗體，這樣可以減少被特定病原物質感染的風險。而在後段養殖階段，使用低劑量的菇蕈葡聚多醣添加於飼料中，調節魚隻生理機能與提高免疫能力，搭配使用有益微生物穩定水質提高魚隻免疫能力。透過這樣組合的模式，不但可以降低成本，且全面性減少魚隻罹病的風險，提高整體育成率。這樣經過初步估算，使用口服疫苗、雞蛋蛋黃抗體、菇蕈葡聚多醣等不同技術，全程養殖成本提高12%，可是最後的總體收益卻可以提高26%。全球高經濟水產養殖產業所普遍面臨的問題主要在於產量不足，對於高價水產品競爭激烈的國際貿易市場上，透過這樣免疫調節技術建立的新式水產養殖健康管理模式，也將徹底改變我國水產養殖產業，朝向永續經營的方向發展。

參考文獻

- 冉繁華 (2007). 石斑, 台灣漁業經濟發展協會 行政院農業委員會.
行政院農業委員會漁業署 (2013). 101年漁業署年報.
- Ai, Q., K. Mai, L. Zhang, B. Tan, W. Zhang, W. Xu and H. Li (2007).
"Effects of dietary beta-1, 3 glucan on innate immune response of
large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*." *Fish Shellfish
Immunol* 22(4): 394-402.
- Austin, B. and D. A. Austin (2007). *Bacterial fish pathogens: diseases
of farmed and wild fish*. 4th.
- Bricknell, I. and R. A. Dalmo (2005). "The use of immunostimulants in
fish larval aquaculture." *Fish Shellfish Immunol* 19(5): 457-472.
- Chang, C. S., S. L. Huang, S. Chen and S. N. Chen (2013). "Innate
immune responses and efficacy of using mushroom beta-glucan
mixture (MBG) on orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*,
aquaculture." *Fish & Shellfish Immunology* 35(1): 115-125.
- Dalmo, R. A. and J. Bogwald (2008). "beta-glucans as conductors of
immune symphonies." *Fish Shellfish Immun* 25(4): 384-396.
- Das, B. K., C. Debnath, P. Patnaik, D. K. Swain, K. Kumar and B. K.
Misrhra (2009). "Effect of beta-glucan on immunity and survival
of early stage of *Anabas testudineus* (Bloch)." *Fish Shellfish
Immunol* 27(6): 678-683.
- El-Boshy, M. E., A. M. El-Ashram, F. M. AbdelHamid and H. A.
Gadalla (2010). "Immunomodulatory effect of dietary
Saccharomyces cerevisiae, beta-glucan and laminaran in mercuric
chloride treated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and
experimentally infected with *Aeromonas hydrophila*." *Fish
Shellfish Immun* 28(5-6): 802-808.

- Franke, A., O. Roth and C. Clemmesen (2013). "Early stimulation of the immune system of an important aquaculture fish species: Probiotic application in European sea bass juveniles." *Fish & Shellfish Immunology* 34(6): 1707-1707.
- Ghosh, K., S. K. Sen and A. K. Ray (2003). "Supplementation of an isolated fish gut bacterium, *Bacillus circulans*, in formulated diets for rohu, *Labeo rohita*, fingerlings." *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 55(1): 13-21.
- Hseu, J., F. Lu, H. Su, L. Wang, C. Tsai and P. Hwang (2003). Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture* 218(1-4): 251-263.
- Jin, L. J., X. Y. Li, D. L. Zou, S. Y. Li, W. Q. Song and Y. P. Xu (2013). "Protection of crucian carp (*Carassius auratus* Gibelio) against septicaemia caused by *Aeromonas hydrophila* using specific egg yolk immunoglobulins." *Aquaculture Research* 44(6): 928-936.
- Kim, W. S., T. Nishizawa and M. Yoshimizu (2007). "Non-specific adsorption of fish immunoglobulin M (IgM) to blocking reagents on ELISA plate wells." *Dis Aquat Organ* 78(1): 55-59.
- Kumar, S. R., V. Parameswaran, V. P. I. Ahmed, S. S. Musthaq and A. S. S. Hameed (2007). "Protective efficiency of DNA vaccination in Asian seabass (*Lates calcarifer*) against *Vibrio anguillarum*." *Fish & Shellfish Immunology* 23(2): 316-326.
- Magnadottir, B. (2006). "Innate immunity of fish (overview)." *Fish Shellfish Immunol* 20(2): 137-151.
- Mohapatra, S., T. Chakraborty, V. Kumar, G. DeBoeck and K. N. Mohanta (2013). "Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97(3): 405-430.

- Oh, M. J., H. J. Gye and T. Nishizawa (2013). "Assessment of the sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus* with a live nervous necrosis virus (NNV) vaccine at natural seawater temperature." *Vaccine* 31(16): 2025-2027.
- Olivier, G., C. A. Eaton and N. Campbell (1986). "Interaction between *Aeromonas salmonicida* and peritoneal macrophages of brook trout (*Salvelinus fontinalis*)." *Vet Immunol Immunopathol* 12(1-4): 223-234.
- PC, H. and R. JE (1993). "Groupers of the world." *FAO Species Catalogue* 125: 382.
- Ruiz-Herrera, J. (1991). "Biosynthesis of beta-glucans in fungi." *Antonie Van Leeuwenhoek* 60(2): 72-81.
- Sakai, M. (1999). "Current research status of fish immunostimulants." *Aquaculture* 172(1-2): 63-92.
- Soltanian, S., E. Stuyven, E. Cox, P. Sorgeloos and P. Bossier (2009). "Beta-glucans as immunostimulant in vertebrates and invertebrates." *Crit Rev Microbiol* 35(2): 109-138.
- Toranzo, A., B. Magarinos and J. Romalde (2005). "A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems." *Aquaculture* 246(1-4): 37-61.
- Valenzuela, B., M. Imarai, R. Torres and B. Modak (2013). "Immunomodulatory effects of the aromatic geranyl derivative filifolinone tested by the induction of cytokine expression." *Developmental and Comparative Immunology* 41(4): 675-682.
- Vine, N. G., W. D. Leukes, H. Kaiser, S. Daya, J. Baxter and T. Hecht (2004). "Competition for attachment of aquaculture candidate probiotic and pathogenic bacteria on fish intestinal mucus." *Journal of Fish Diseases* 27(6): 319-326.

Wasser, S. P. (2002). "Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides." *Appl Microbiol Biotechnol* 60(3): 258-274.

Young, C. A., F. G. Silversides and S. R. M. Jones (2007). "Chicken-derived IgY recognizes developing and mature stages of *Loma salmonae* (Microsporidia) in Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp." *Aquaculture* 273(4): 398-404.