

投稿類別:生物類

篇名:

探討醣類對於石斑魚腸道菌“NB1”的生長之影響與其應用

作者:

林珏君·高雄私立樹德高級家事商業職業學校·高三 1 班

張志鴻·高雄私立樹德高級家事商業職業學校·高三 4 班

指導老師:

陳樺亭老師

謝雅玲老師

壹●前言

台灣養殖漁業由於種苗生產與養殖技術精進，在周邊產業共榮發展結果，陸上魚塭養殖及海上箱網養殖魚類，成為國內外食用魚類的主要供應來源，每年年產值超過新台幣 300 餘億元。其中，石斑魚類更為華人地區節日婚慶宴客喜好食用的高級食材。依據聯合國糧食及農業組織統計資料顯示，2007 年產量台灣石斑魚產量即達世界總產量之 25%，產值為新台幣 38 億元，占全世界總產值的 58%。粗估計國產石斑每年未納入統計輸出約有 1.3 萬公噸，價值約新台幣 30 億元。隨著大陸地區經濟起飛，對於高價魚類需求與日俱增，因此石斑魚市場擁有極大成長空間。但在 2005 年 7 月，香港爆發台灣生產的石斑魚含有致癌的孔雀石綠，重創台灣魚產品的形象，也使許多無辜養殖戶受牽累，嚴重影響生計。

事實上，台灣許多養殖池由於常年放養密度高、投餵飼料多以及生物排泄物等有機物質堆積在池底，易導致水質惡化，病原菌叢生，使魚蝦遭受緊迫或因而罹病。過往多使用抗生素、殺菌劑來治療魚蝦病變及壓抑水中之病原菌，卻容易產生抗藥菌株或藥物殘留等問題，以致於現在新病原體層出不窮、投藥效果越來越差、而養殖環境也容易不穩定。為了瞭解這樣濫用藥物的情形是否依舊盛行，我們走訪數間位於台南與屏東的農藥行與飼料供應商，發現許多漁民還是用這樣的方式在經營養殖。一些漁民私底下說，要檢測什麼項目他們知道，所以他們現在多改用許多較難偵測的抗生素衍生物或其他不在檢測之列的藥品，用起來有效又怕過量被罰！真是一個讓人震驚又難過的消息！然而，這也不禁讓我們問問自己，對於這樣的狀況，我們可以做些什麼？

在查閱文獻之後，我們發現，近年來許多人已開始嘗試在養殖水體中施用有益微生物製劑來改善養殖生態環境、提高養殖動物的免疫力、抑制病原微生物，從而減少疾病發生。在歐美、日本及印尼、泰國等國家的水產養殖業中，微生物製劑得到日益廣泛的應用，並創造了巨大的經濟效益，有希望成為未來水產養殖動物病害防治的一個新方向。微生物製劑是由一些對人類和養殖物件無致病危害並能改良水質狀況，抑制水產病害的有益微生物製成。益生菌一般具有改良水質、增加溶氧、降低氨氮、抑制致病菌生長、改善動物體內水環境生態平衡、提高動物抗病與免疫力、促進養殖物件生長等功能。有趣的是，其中有數篇報告是使用乳酸菌、酵母菌與酪酸菌等人類常用的腸益菌來改善養殖，也有相當成效。於是，我們便聯想到，是否在魚身上也有類似的腸益菌存在呢？如果有，又是否可應用於改善養殖環境與提升養殖的產能呢？

貳●正文

多年來在台灣養殖業者不斷嘗試及研究改進之下，台灣於 1982 年首度有人以注射荷爾蒙的方式，成功繁殖馬拉巴石斑魚，自此開啟了台灣石斑魚的完全養殖時代，在飼養管理及種苗生產上，皆居於領先的地位，最大的養殖產地為台灣南部的嘉、南及高屏沿海。目前台灣約有十餘種石斑魚可供人工養殖，以馬拉巴石斑、點帶石斑、鞍帶石斑、及棕點石斑等已具完整發展之繁殖及飼養技術的魚種為主要種苗繁養殖大宗。然而，在整個石斑魚水產養殖產業結構中，死亡率高是養殖業未能突破之瓶頸。近年來，由於石斑魚在從卵孵化到吋苗的這段期間內，小魚經常會受到神經壞死病毒(Nervous Necrosis Virus, NNV)的感染，而造成極高的死亡率，往往 3、4 天之內死亡率高達 95 %，造成養殖業者的極大損失。

考量石斑魚對於我國水產養殖之重要性與其面臨的困境，於是我們選擇此物種作為實驗的起點。而許多文獻中，曾提及使用某些腸益菌（乳酸菌、酪酸菌）可以提升魚苗存活率；而健康的魚苗與生病的魚苗其腸道菌相也有不同。這讓我們聯想到在石斑魚腸道中使否會有可以讓石斑魚更健康的益生菌存在？於是我們使用漁民所提供的點帶石斑魚為材料，取其消化道並做稀釋與固態培養基培養。36 小時以後生長出大小不一的許多菌落，挑選其中 16 個明確的單獨菌落加以放大、保存。在此 16 組應用於石斑魚苗的存活率實驗中發現，編號 7、10、12、16 等組別之石斑稚魚存活率有明顯提升；實驗過程中發現編號 2、4、11、14 之組別均在一週內即造成石斑稚魚大量死亡，兩週後即無活口；其餘實驗組與對照組之石斑稚魚大量死亡時間出現在兩至三週之間。故推測編號 7、10、12、16 等組別之菌株是可能的益生菌，16S rRNA 之定序結果則第 7 組為光合細菌、第 10 組為希瓦氏菌、第 12 組為乳酸桿菌、以及第 16 組為枯草芽孢桿菌。以下我們將就各菌種之特性與應用報告做一概括整理，並與用以解釋我們的實驗結果。

（一）光合細菌

光合細菌(Photosynthetic bacteria, 簡稱 PSB)是廣泛分佈於水田、河川、海洋和土壤中的一種微生物類群。光合細菌為革蘭氏陰性細菌，可以在有光無氧的條件下生長、繁殖，也可在無光有氧的條件下生長。有光時菌體能利用光能，以 H₂S 和有機物作為氫供體，以 CO₂ 或有機物作為碳源而生長發育。當環境是有氧無光時，菌體則可以通過有氧呼吸，使有機物氧化，從中獲取能量。光合細菌能幫忙將水體中的殘餌、排泄物等分解，能改善水產養殖生態環境，降低氨氮、BOD，增溶氧等作用。此外，光合細菌含有豐富的蛋白質，與牛奶、雞蛋蛋白相比，其蛋白質氨基酸組成齊全，其組成接近動物蛋白質；不僅如此，光合細菌還含各種 B 族維生素、類胡蘿蔔素、葉酸、生物素、礦物元素等多種，促進動物生長發育的生理活性物質，提高機體的免疫

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

功能的物質，特別是動物幼體發育所需要的葉酸、VB12 和生物素的含量是酵母中的幾十倍，因此是一種營養價值極高的單細胞蛋白，可以增加營養，防禦病害，提高成活率。在我們實驗中也發現，光合細菌確實可以提升石斑魚苗的存活率，且養殖過程中添加光合細菌也使總氮與亞硝酸根濃度上升趨勢較為緩慢，顯然對於水質的改善確實具有一定成效。

(二) 乳酸桿菌

乳酸菌指發酵糖類主要產物為乳酸的一類無芽孢、革蘭氏染色陽性細菌的總稱。凡是能從葡萄糖或乳糖的發酵過程中產生乳酸的細菌統稱為乳酸菌。這是一群相當龐雜的細菌。廣義的乳酸菌是凡可以產生乳酸的菌都稱為乳酸菌，其中含有部份球菌及桿菌。新生動物消化道處於無菌狀態，胃腸道 pH 值接近中性，利於腸道病原菌的生長，加入乳酸菌類微生態製劑後，形成乳酸菌優勢菌群，參與腸道正常菌生物屏障結構，通過生物奪氧及競爭性排斥抑制過路菌或侵襲菌等病原微生物在胃腸道黏膜上皮的定植和生長；同時，在腸道代謝過程中產生的乳酸、乙酸、丙酸等使 pH 值下降、抑制有害菌的生長，增強動物免疫力。報告指出，乳酸桿菌對於比目魚的生長以及感染產氣單胞菌的虹鱒存活率都有提升效果。而在我們的實驗中，發現乳酸桿菌對於抑制總氮與亞硝酸根的上升相對較無效果，但在提升石斑魚苗的存活率方面確實也能提升。推測原因可能是乳酸桿菌造成水體 pH 值下降，進而導致養殖過程中毒性較強的分子態氨比例下降，對魚體的毒性減緩所致。而另一可能原因是乳酸桿菌提升了石斑魚苗的抵抗力與魚體對水體惡化的耐受度，因而提升魚苗存活率。可惜的是，可能因乳酸菌對魚水體的淨化能力仍稍嫌不足，導致魚苗存活率雖有提升但仍相對較低。

(三) 枯草芽孢桿菌

枯草芽孢桿菌原先篩選自枯乾的稻草，且為革蘭氏陽性、兼性厭氧之產孢桿菌，廣泛存在於自然界之土壤及水源中。枯草芽孢桿菌能防治植物病害，主因在於它所表現出來的功能是多重作用機制的結果，包括與病原菌競爭營養及空間、抗生物質的作用、促進土壤中大分子的分解與營養的有效吸收、改善土壤性質。多年來有關枯草桿菌的研究開發，大都著重在土壤傳播的病害方面。而近期在水產養殖方面的研究發現，添加枯草芽孢桿菌，證明可降解水中氨氮廢物、減少養殖池底的有機物沉積，避免水質在雨後或天候轉變時動盪。此外，枯草芽孢桿菌能產生多種消化酶，幫助動物消化吸收營養物質，從而減少養殖環境中因殘餌與排泄物所造成之有毒有害物質。在枯草芽孢桿菌能產生抑制其他病原菌生長的抗生物質與諸多酸類，降低動物腸道的 pH 值，有效抑制病原菌的生長。國內外研究使用枯草芽孢桿菌來抑

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

制對病原弧菌的生長，效果明確顯著。雖然在我們的實驗中，未去證實枯草芽孢桿菌是否可以抑制病原菌的生長，因而提升石斑魚苗存活率；但從水質的數據上可以發現，添加枯草芽孢桿菌確實可以減緩總氨與亞硝酸根濃度的上升，同時也讓水的 pH 值下降至 7.5 左右，減少分子態氨的比例，減緩魚體的毒性迫害。

(四) 希瓦氏菌

革蘭氏陰性之桿狀細胞，沒有孢子產生，周身纖毛且具單鞭毛。廣泛存在於野生的水產生物消化道與水體環境中，並非養殖過程中人工添加所獲得。過去被分離純化的希瓦氏菌大都具有非常多且特殊的性能，能分解許多種芳香族化合物，也能利用許多種金屬離子，甚至許多種放射性與高污染性重金屬（如：鐳、鉻）元素；並將溶於水的此些金屬離子還原成不溶於水的金屬離子，便利這些金屬的回收。希瓦氏菌也具有很強的染劑分解能力，可以快速分解高濃度的偶氮染劑、三酚甲烷染劑、及瓏琨染劑。因此，有學者嘗試利用這種菌進行受污染地下水的淨化工作。此外，該菌在乳酸、丙酮酸、甲酸存在的環境下，有很好的產電能力。而另有報告指出，希瓦氏菌多數具有亞硝酸根還原酶，可以降解亞硝酸鹽，並在厭氧環境下完成脫氮作用。在我們的實驗結果中也顯示希瓦氏菌對於亞硝酸根具有良好的降解作用，養殖過程幾乎無偵測到亞硝酸根的累積；同時對於抑制總氨濃度的上升也有相對明顯的效果。添加希瓦氏菌的石斑魚苗不僅存活率較高，在活力方面亦有相對好的表現。推測其原因除了水質較好之外，另外還有在文獻中記載希瓦氏菌之不飽和脂肪酸 EPA 含量相當高，對於魚苗的生長發育可能有所助益。

二、探討 NB1 在不同環境下之水體淨化能力

在人為的水產養殖系統當中，由於放養高密度的水族生物、投餵大量飼料，而促使水中的有毒的氨氮和亞硝酸鹽持續累積，濃度上升，往往造成養殖生物中毒或使其抵抗力降低而生病死亡。雖然換水能夠降低養殖系統的含氮廢物，但長期而言，這不是一個生態上永續經營的方式。一般而言，水體中氨氮的去除往往需要亞硝化菌將氨轉換為亞硝酸根，接著再由硝化菌把亞硝酸根轉化為硝酸，最後在由厭氧環境中的脫氮菌把硝酸根轉化成氮氣離開水體。簡言之，此過程往往需要諸多菌種的協力作用。然而，根據我們的實驗結果與查閱前人文獻發現，希瓦氏菌屬的希瓦氏菌可能具有同屬菌的反硝化功能，可以廣泛的將硝酸、亞硝酸與氨氮進行一系列反應，行成 N_2O 或 N_2 離開水體，無須其他菌種之協助。許多研究中指出，希瓦氏菌屬的反硝化能力受菌種、培養基成分與培養環境等因素影響甚大，結果也殊異。為了進一步瞭解我們所挑選的希瓦氏菌的作用，我們設計以酸鹼度、溫度與鹽度等幾個環境因子的變化測試希瓦氏菌的水質淨化能力。

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

不同溫度對於希瓦氏菌降解亞硝酸根之實驗中發現，15°C 以下的低溫環境對於希瓦氏菌降解亞硝酸根與總氮的作用有強烈抑制作用；而在 25°C 以上的水溫中，希瓦氏菌之降解能力明顯提升，顯然希瓦氏菌較適合在溫暖的環境（25~35°C）下工作。不同鹽度對於希瓦氏菌降解亞硝酸根與總氮的能力影響較小，以 2% 與 3% 左右的鹽度降解效力最佳。在酸鹼度的實驗中，希瓦氏菌在 pH 8 與 pH 9 微鹼性的環境中，降解總氮與亞硝酸根較為迅速且降幅也較大；反之，在較偏酸性與中性的環境中，希瓦氏菌降解緩慢且降幅也明顯較小。總體而言，希瓦氏菌菌株可以將亞硝酸根與總氮降解，最適合的工作環境為帶有溫暖的、帶有鹽度的弱鹼性環境，推想此工作條件可能較類似此菌的原生環境。在後續的實驗中，我們發現在降解亞硝酸根與總氮的同時，硝酸根的濃度並沒有隨之上升。顯然希瓦氏菌可能不是走一般的硝化作用途徑，而是進行如希瓦氏菌屬的反硝化作用路徑。

如前所述，硝化過程需要的亞硝化菌、硝化菌與脫氮菌等進行一系列的降解才能完成。但每株菌的生長速度不一，例如亞硝化菌一般生長、代謝皆較硝化菌迅速，在養殖過程中，往往會有看到由亞硝化菌降解氨氮所產生的亞硝酸根來不及被硝化菌降解，因而累積在水體中，對生物造成迫害。更有研究報告指出，高於 1ppm 的分子態氮與 3ppm 的亞硝酸根即會抑制硝化菌的代謝。若在硝化菌快速作用的前提下，水體所累積的硝酸根會隨即被藻類所利用，一般來說這是有利藻水的培養。然而，脫氮菌的作用若未能隨之跟上，過高濃度的硝酸根往往易使藻類大量爆發，造成夜間缺氧等可能問題的產生。顯然，此單向的硝化過程易受到某階段的缺失而無法順利完成。而利用一些如希瓦氏菌等具反硝化能力之菌種，或許可以提供另一替代的降解氮廢物路徑，在養殖的水質管理與污水處理方面存有許多想像空間。

三、探討希瓦氏菌於室內外養殖場之實用性

高密度的孵化池中，孵化過程折損的魚苗與其排泄物等皆易嚴重影響水質。魚卵孵化初期，魚苗本身泳動能力不足且又易受驚嚇而發病，實不宜做大量抽換水或濾水。所以如何在封閉的環境中，維持良好水質以確保魚苗能順利成長，就變成了一個育苗過程的難題。尤其在石斑魚苗孵化過程，水質的良窳對石斑魚的神經壞死病毒發作與否有相當大的關連性。為了測試希瓦氏菌在室內養殖池中之效用，我們透過實驗室老師與飼料行的幫忙，找到願意參與實驗的三所室內石斑繁殖場。實驗結果發現，添加希瓦氏菌菌液的石斑苗存活率都相對高於對照組，但過高的菌液濃度（1000ppm）似乎對剛孵化的幼魚造成較高的折損。施用 100ppm 的菌液濃度各組石斑魚苗不僅存活率高，且活力、攝餌能力也相對較佳，亦少有發黑、打轉等病態行為。國內曾有報告指出，希瓦氏菌屬具有直接抑制石斑魚神經壞死病毒之作用。雖此次大部分

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

參與實驗的池子在檢測過程中，未發現有總氮與亞硝酸根的累積情形。但因記錄時間為一週一次，難以追蹤養殖過程中的細微變化。所以，究竟希瓦氏菌菌株對於石斑魚苗的存活率提升是導因於水質淨化，亦或其可能的營養成分與抑制神經壞死病毒等功能所造成，尚需更多實驗證實。無論如何，石斑魚苗的存活率提升確實帶給繁殖場經濟上的助益（石斑吋苗時價 1 尾 10~11.5 元台幣）。

在室內養殖場的業者介紹之下，我們找到願意配合試驗的室外白蝦養殖池進行投放希瓦氏菌，以測試其效用。因為土池水體大，不易大量抽換水，加之以集約養殖方式，往往導致水中總氮或亞硝酸根濃度過高的問題；尤其在秋冬時期，南台灣正值枯水期，水的來源減少與地下水的品質因少雨而劣化，要以換水的方式來達成淨化水體更是困難。許多地下水井在此時抽取出來的水往往帶有相當濃度的總氮與亞硝酸根，但是許多養殖戶並沒有檢測的習慣，再加上秋冬天候乍暖還寒，此時進行養水與放苗越冬往往失敗率較高。在此階段的實驗，考量室外養成池的水量、運輸與製作成本問題，我們將投放菌的稀釋比例調高至約 1:100000，以一個月左右為期做每週的投放。在兩個案例中，第一次投菌後的隔週即發現明顯的水質改善，總氮與亞硝酸根濃度都大幅下降，且穩定維持。案例一之混養的虱目魚吃餌料的狀況明顯改善，同時堤岸邊也沒有病蝦的出現，臭土味也減少許多。案例二的業者則因後續養殖狀況順利，將朝向白蝦專養方向進行，以獲取較高利益。

在此階段的實驗之末，另有位室外石斑魚育成的養殖業者透過飼料行與我們聯絡，表示願意提供養殖池測試。雖然時間上不足以做較完整記錄，但由於此兩位業者之水體總氮（5ppm）與亞硝酸根（2ppm）之濃度相當高，且魚隻已呈現收口、浮頭等現象，於是我們仍予以投菌並請業者自行檢測與記錄。經過兩次的投菌卻看不到明顯的總氮與亞硝酸根降解，這讓我們感覺到十分好奇。分析業者在投菌期間的紀錄，我們發現業者為了抑制石斑魚的白點病（體表寄生蟲引起），在投菌前後都有使用醋酸銅。這讓我們不禁聯想是否希瓦氏菌菌株的降解能力會受影響？初步在實驗室裡操作結果顯示，銅離子的濃度越高，希瓦氏菌菌株對於含氮廢物的降解能力就越差。與師長們討論這個現象時，他們提供了我們一個可能的答案：「反硝化過程中的酵素常與銅離子結合以展現其正常活性，因此過多的銅離子確實很可能造成酵素作用的異常」。而我們實驗之初選擇的測試對象為白蝦養殖戶亦為幸運，因蝦類對銅離子敏感，故能養活白蝦養殖的池體必然較無過多的銅離子干擾，希瓦氏菌的水質淨化能力才明顯。而銅離子對希瓦氏菌的影響的層面有哪些？以及影響的程度等問題仍須未來更多的實驗來解答。

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

參●結論

在自然界中，微生物將生物的遺體、排泄物等加以分解以利物質的循環與生態的平衡，水生生物的環境亦需微生物的作用以將水淨化。然而地狹人稠的台灣，寸土寸金的先天條件之下，勢必將以集約方式來經營水產養殖。此過程中，過高生物排泄量往往使得池子原有的微生物不及分解，氨氮廢物等有害物質隨之累積在水體與底泥中，生物體弱化而發生各種病變或甚至整池被毒殺死亡。添加額外的益生菌來幫助集約養殖環境中的有害物質代謝化，以及幫助生物提高吸收力、免疫力在許多國家都已行之有年，在台灣卻尚未普及。因應世界的綠色思維，有機農產以成為一股風潮；對永續經營與對人體健康考量的立場來看，有機水產養殖也必成為新的趨勢，台灣當然也不免於外。當然，益生菌製劑也極可能在這波濃漁業的演進當中扮演舉足輕重的角色。我們亦將這方面的研究成果整理與探討，並做成以下結論：

- (一) 選殖點帶石斑魚消化道菌種，挑選到 4 種明顯提升石斑魚吋苗存活率的菌株。16S rRNA 之定序結果光合細菌、希瓦氏菌、乳酸桿菌、以及枯草芽孢桿菌。
- (二) 在實驗室內的石斑魚存活率實驗中，添加光合細菌、枯草芽孢桿菌使魚苗存活率提高且氨氮廢物濃度上升趨勢較緩慢，顯然對於水質的改善確實具有一定成效。
- (三) 乳酸桿菌造成水體 pH 值下降，可能導致養殖過程中毒性較強的分子態氨比例下降，對魚體的毒性減緩。而另一可能原因是乳酸桿菌提升了石斑魚苗的抵抗力與魚體對水體惡化的耐受度，而提升魚苗存活率。
- (四) 希瓦氏菌菌株對於亞硝酸根具有良好的降解作用，同時對於抑制總氨濃度的上升也有相對明顯的效果。實驗組石斑魚苗不僅存活率較高，在活力方面亦有相對好的表現。
- (五) 希瓦氏菌菌株在溫暖的環境（25~35℃），帶有鹽度（2~3%）的弱鹼性環境降解亞硝酸根與氨氮廢物的效果較佳。希瓦氏菌菌株在降解亞硝酸根與總氨的同時，硝酸根的濃度並沒有隨之上升，推測希瓦氏菌菌可能不是走一般的硝化作用途徑。
- (六) 在較大規模的室內石斑魚孵化繁殖場的實驗中，添加希瓦氏菌菌液的石斑苗存活率都相對高於對照組，但過高的菌液濃度（1000ppm）似乎對剛孵化的幼魚造成較高的折損。施用 100ppm 的菌液濃度各組石斑魚苗不僅存活率高，且活力、攝餌能力也相對較佳，亦少有發黑、打轉等病態行為。

石斑魚腸道菌選殖與有益菌之應用探討

(七) 室外養成池實驗結果發現。投菌後發現明顯的水質改善，總氨與亞硝酸根濃度都大幅下降，且穩定維持。案例一之混養的虱目魚吃餌料的狀況明顯改善，同時堤岸邊也沒有病蝦的出現，臭土味也減少許多。案例二的業者也因此解決秋冬地下水質不佳，難以越冬放養的問題。

這系列實驗裡，奔波辛勞的老師與實驗室的學長姐，引領我們「做中學」，得到的不僅是實驗的數據結果，還有這份堅持求是的精神。更難得的是，走出實驗室與學校，訪談許多養殖戶與田野的實驗過程，看見的、聽見的與感受到的，是一種生命力，這份貼近我們這塊土地的心情是難以言喻。而希瓦氏菌菌種後續的研究，也由高雄海洋科技大學與台灣大學的學長姐們持續進行，以探討未來實際應用的諸多可能。

肆●引註資料

(一)期刊論文

1. Brettar, I., and M. G. Hoffle. 1993. Nitrous oxide producing heterotrophic bacteria from the water column of the central Baltic: abundance and molecular identification. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 94:253–265.
2. Carter, J. P., Y. H. Hsiao, S. Spiro, and D. J. Richardson. 1995. Soil and sediment bacteria capable of aerobic nitrate respiration. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:2852–2858.
3. Gao, H., Obraztova, A., Stewart, N., Popa, R., Fredrickson, J. K., Tiedje, J. M., Nealson, K. H. & Zhou, J. (2006). *Shewanella loihica* sp. nov., isolated from iron-rich microbial mats in the Pacific Ocean. *Int J Syst Evol Microbiol* 56, 1911–1916.
4. Rocca C D, Belgiorno V, Meriç S. Overview of in-situ applicable nitrate removal processes. *Desalination*, 2007, 204: 46—62
5. 張莉，2005，石斑魚消化道細菌分泌抗神經壞死症病毒物質之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文
6. 邱莉璇，2007，石斑魚腸道菌抗神經壞死症病毒物質之分析與作用機制探討。國立台灣大學動物學研究所碩士論文