

應用益生菌強化養殖魚蝦於極端氣候之耐受性

黃美瑩、朱惠真、陳凱琳、曾福生
水產試驗所水產養殖組

前言

近年來極端氣候不斷，且有越來越頻繁發生的趨勢。尤其臺灣受地理環境與氣候因素影響，每年 6—9 月間常有颱風及豪雨發生，11 月至隔年 1、2 月則容易有寒流侵襲。這些天然災害一發生，對於養殖漁業往往造成嚴重災情，漁民的生計財產更是蒙受巨大威脅。其中不乏讓人記憶深刻的事件，例如 2016 年 1 月霸王級寒流襲臺，漁業署估計，農林漁牧損失的項目中，漁業災情最慘重，災損多達 32 億元 (吳等，2016)，受創最嚴重的是雲林縣與臺南市養殖的虱目魚、石斑魚、文蛤及吳郭魚。臺灣於 2020 年 12 月 30 日起受強烈寒流影響，造成農漁業災情，漁產之損失高於 2 千萬元 (農業部，2020)，受損漁產主要為文蛤池混養之虱目魚，其次為海鱺、虱目魚 (專養)、龍虎斑、午仔魚及淡水長臂大蝦等。

此外，強降雨方面，2009 年的莫拉克風災，因強降雨導致魚塢潰堤，海水倒灌等災情，重創屏東地區高經濟價值的石斑魚養殖漁業，漁業損失 41 億 7,380 萬元 (農業部，2009)。2017 年 7 月尼莎颱風與海棠颱風接踵而至，帶來強烈雨勢，因為強降雨，造成漁業 1.88 億元之災損 (農業部，2017)。

由於氣候變遷，極端溫度、乾旱及豪雨常常導致養殖產業損失慘重，為了降低養殖產業之風險，政府自 2017 年起陸續推出了溫度系數型及降水量參數型水產保單，可見未來因極端氣候，損傷養殖生物的頻率應會增加，如何增強養殖生物在極端氣候造成之低溫、高溫、乾旱及強降雨環境下之耐受性，急待探討；本文彙整有關應用益生菌增強水產養殖魚蝦耐受不良環境之研究報告，以作為極端氣候造成之急遽溫度及鹽度變化的環境下，養殖業者操作調適之參考。

蝦類

Immanuel 等 (2007) 報導，草蝦 (*Penaeus monodon*) 分別餵飼豐年蝦 (*Artemia* spp.) 對照組及以乳酸菌—嗜酸乳桿菌 (*Lactobacillus acidophilus*) 或酵母菌—釀酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 滋養過的豐年蝦試驗組，共 25 天，環境為鹽度 35 psu，水溫 28°C；餵飼試驗結束時，添加益生菌試驗組之蝦隻的成長較對照組佳，對照組、以乳酸菌及以酵母菌滋養過的豐年蝦試驗組其比生長率分別為 9.95%、10.97% 及 10.80%。餵飼試驗結束後，將蝦隻分別移入鹽度為 0 及 50 psu 的環境，觀察 96 小時，

紀錄蝦隻的死亡率，結果顯示，0 psu 的環境下，對照組、以乳酸菌及以酵母菌滋養過的豐年蝦試驗組累積死亡指數 (cumulative mortality indices) 分別為 935.66%、721.0% 及 735.0%；50 psu 的環境下，對照組、以乳酸菌及以酵母菌滋養過的豐年蝦試驗組累積死亡指數分別為 1,270.66%、950.0% 及 974.6%；鹽度為 0 及 50 psu 的環境下，試驗組蝦隻死亡率有明顯下降趨勢。此外，餵飼試驗結束後，將蝦隻以哈維氏弧菌 (*Vibrio harveyi*) 進行攻擊，對照組、以乳酸菌及以酵母菌滋養過的豐年蝦試驗組活存率分別為 26.50%、94.3% 及 82.33%，試驗組腸道中哈維氏弧菌殘存量 ($4.6-5.2 \times 10^2$ CFU/g) 明顯較對照組 (1.0×10^5 CFU/g) 低。

Hewitt and Duncan (2001) 指出，斑節蝦 (*Penaeus japonicus*) 適當之養殖溫度為 25–32°C，超過 35°C 以上會導致成長下降、活存率下降、氧化壓力增加及對病原菌之感受力提高。Dong 等 (2014) 報導，斑節蝦分別餵飼對照組及添加複合益生菌—枯草芽孢桿菌 (*Bacillus subtilis*) + 地衣芽孢桿菌 (*B. licheniformis*) (10^8 CFU/g) 試驗組之飼料，共 60 天，環境為鹽度 28–34 psu，水溫 30.0–33.1°C，50 天以上超過 31°C；餵飼試驗結束時，添加益生菌試驗組之蝦隻的比成長率 (1.83%) 較對照組 (1.23%) 佳，添加益生菌試驗組之蝦隻的活存率 (61.78%) 也較對照組 (30.44%) 為高；試驗組之蝦隻腸內弧菌比例 (1.06%) 較對照組 (29.37%) 低。此外，試驗組蝦隻在高溫的環境下，其原酚氧化酵素 (prophenoloxidase)、超氧歧化酵素 (superoxide dismutase, SOD) 及溶菌酶

(lysozyme) 等免疫相關基因之表現明顯提升。高溫會造成好氧呼吸速率上升，活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 增加，損傷器官，又，長時間高溫壓力，因為免疫力下降，蝦隻活存率降低；而飼料中添加芽孢桿菌，可以活化免疫，也可以誘導提高超氧歧化酵素基因之表現，有助於保護蝦隻避免受到多餘活性氧之損傷。此外，飼料中添加芽孢桿菌，可以提高蝦隻消化酵素之活性，提升消化吸收，增強代謝。又，高溫容易造成病原菌滋生，飼料中添加芽孢桿菌，可以維持腸道及水中菌相平衡，抑制病原菌。

de Souza 等 (2016) 報導，白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 在 33°C 以上會誘發較高比例之脂肪氧化。Amaretti 等 (2013) 指出，乳酸桿菌 (*Lactobacillus* spp.) 及雙歧桿菌 (*Bifidobacterium* spp.) 之益生菌具有降低氧化壓力之潛力。Zheng 等 (2017) 報導，白蝦分別餵飼對照組及添加活或死的益生菌—植物乳桿菌 (*Lactobacillus plantarum*, 10^7 CFU/g) 試驗組之飼料，共 45 天，環境為鹽度 30–32 psu，水溫 23–27°C；餵飼試驗結束時，添加益生菌試驗組之蝦隻的成長較對照組佳。餵飼試驗結束後，將蝦隻移入鹽度為 5 psu 的環境，觀察 96 小時，紀錄蝦苗的死亡率，結果對照組、活菌組及死菌組之死亡率分別為 15.56%、6.67% 及 6.67%，試驗組蝦隻死亡率有下降趨勢，但統計上並無差異。此外，試驗組蝦隻在低鹽的環境下，其酚氧化酵素、超氧歧化酵素及溶菌酶等免疫相關基因之表現明顯提升。

Duan 等 (2017) 報導，斑節蝦分別餵飼對照組及添加益生菌—丁酸梭菌 (*Clostridium*

butyricum, $1-2 \times 10^8$ CFU/g) 試驗組之飼料, 共 56 天, 環境為鹽度 30 psu, 水溫 25°C; 餵飼試驗結束時, 添加益生菌試驗組之蝦隻的成長較對照組佳。餵飼試驗結束後, 將蝦隻移入水溫 35°C 的環境, 觀察 48 小時, 分析腸道之抗氧化能力。結果試驗組蝦隻腸道中總抗氧化能力 (total antioxidant capacity)、過氧化氫酶 (catalase) 及過氧化酶 (peroxidase) 活性提升, 熱激蛋白 (heat shock protein 70, hsp 70) 基因的表現量增加; 顯示飼料中添加丁酸梭菌有助於減少斑節蝦體內氧化壓力。

Liu 等 (2019) 指出, 將白蝦養殖溫度自 30°C 逐漸降低溫度為 18°C (整個過程約 90 天), 白蝦腸道內的丹毒絲菌科 (Erysipelotrichaceae)、黴漿菌科 (Mycoplasmataceae) 及弧菌科 (Vibrionaceae) 等機會性病原菌均明顯增加。Rajeev 等 (2021) 綜論蝦隻腸道菌相之重要性, 腸道菌相與蝦隻健康及免疫反應息息相關, 攝食之改變、環境壓力、生理變化及水質惡化等, 均會影響蝦隻腸道內的菌相。

Mirbakhsh 等 (2021) 報導, 白蝦苗分別餵飼對照組及添加益生菌 *B. subtilis* ISO2 (10^6 、 10^7 及 10^8 CFU/g) 試驗組之飼料, 每 3 天餵食 1 次, 共 21 天, 環境為鹽度 30 psu, 水溫 30°C; 餵飼試驗結束時, 添加益生菌試驗組水中之弧菌量明顯較對照組為低, 試驗組之蝦苗的活力佳, 存活率高。餵飼試驗結束後, 將蝦苗分別移入純淡水中、高濃度的氨 (20 ppm) 及亞硝酸 (300 ppm) 的環境, 觀察 12–25 小時, 紀錄蝦苗的死亡率, 結果純淡水中對照組、 10^6 、 10^7 及 10^8 CFU/g 試驗組之死亡率分別為 90.67%、57.33%、41.33%

及 38.67%; 高濃度的氨對照組、 10^6 、 10^7 及 10^8 CFU/g 試驗組之死亡率分別為 100.0%、81.3%、40.0% 及 30.7%; 高濃度的亞硝酸對照組、 10^6 、 10^7 及 10^8 CFU/g 試驗組之死亡率分別為 70.67%、21.0%、24.0% 及 24.0%。本試驗顯示, 白蝦苗飼料中添加益生菌 *B. subtilis* ISO2 有助於提升蝦苗的活力及存活率, 也可以提高蝦苗自海水中轉換為淡水及水質不佳之存活率。

王 (2004) 指出, 飼養於鹽度 25 psu 的白蝦經感染溶藻弧菌 (*Vibrio alginolyticus*) (1×10^4 CFU/shrimp) 後, 再轉移至鹽度 5、15、25 及 35 psu 水域中, 經 48–96 小時, 轉移至 5 和 15 psu 的白蝦, 其累積死亡率皆明顯高於轉移至 25 psu (對照組) 和 35 psu 的白蝦。白蝦由鹽度 25 psu 轉移至 5 及 15 psu, 經 12 小時後, 其免疫相關指標—總血球數 (total hemocyte count, THC)、酚氧化酵素活性 (phenoloxidase)、呼吸爆 (respiratory burst)、超氧歧化酵素活性、吞噬作用 (phagocytosis) 及清除能力 (scavenging capacity) 皆明顯下降。證實白蝦由鹽度 25 psu 轉移至較低的鹽度 (5 及 15 psu) 後, 其免疫能力會降低且抵抗病原菌—溶藻弧菌侵襲的能力也會下降。Abdel-Tawwab 等 (2022) 報導, 白蝦分別餵飼對照組、飼料中添加 50% 以枯草芽孢桿菌發酵的米糠 (A) 及完全以枯草芽孢桿菌發酵的米糠取代飼料 (B) (枯草芽孢桿菌數為 2.0×10^7 CFU/g) 飼養 72 天 (養殖池水鹽度為 5 psu), 試驗期間對照組每天換 50% 的水, 試驗組沒有換水; 水質方面, 對照組、A 及 B 試驗組平均氨-氮分別為 0.82、0.22 及 0.21 mg/L。對照組、A 及 B 試驗組平均亞硝

酸-氮分別為 1.27、1.23 及 1.15 mg/L，在統計上，試驗組池水之氨-氮及亞硝酸-氮較對照組有顯著下降 ($p < 0.05$)。添加 50% 以枯草芽孢桿菌發酵的米糠 (A) 及完全以發酵的米糠投餵 (B) 試驗組之蝦隻的日增重率 (均為 2.45%) 較對照組 (2.33%) 佳，添加枯草芽孢桿菌發酵的米糠 (A) 及完全以發酵的米糠投餵 (B) 試驗組之蝦隻的活存率 (分別為 83.3 及 83.7%) 也較對照組 (83.0%) 稍微提高；A 及 B 試驗組蝦池水中之弧菌數量 (1.6 及 1.5×10^3 CFU/ml) 較對照組 (1.8×10^3 CFU/ml) 低。此外，A 及 B 試驗組蝦隻在低鹽度 (5 psu) 的環境下，其酚氧化酵素、超氧歧化酵素及溶菌酶等免疫相關基因之表現明顯提升；推測飼料中添加枯草芽孢桿菌發酵的米糠或完全以發酵的米糠投餵蝦隻，可以活化蝦隻之免疫，也可以誘導提高超氧歧化酵素等基因之表現，有助於保護蝦隻避免受到多餘活性氧之損傷，提升蝦隻的抗病能力。

魚類

條石鯛 (*Oplegnathus fasciatus*) 最適生長溫度為 18–28°C，低或高於該溫度範圍，會影響魚隻生長、免疫及抗病力 (Árnason et al., 2009)。Liu 等 (2018) 指出，鸚哥魚分別餵飼對照組及添加枯草芽孢桿菌 (10^5 、 10^6 及 10^7 CFU/g) 試驗組之飼料，共 56 天，環境水溫平均 19.59°C；餵飼試驗結束時，餵飼添加益生菌 10^5 CFU/g 試驗組之魚隻的增重率 (273.97%) 較對照組 (215.92%) 佳；餵飼添加益生菌 10^7 CFU/g 試驗組之魚隻血液的

溶菌酶、呼吸爆及吞噬能力 (phagocytic activity) 均顯著高於對照組。餵飼試驗結束後，將魚隻以溶藻弧菌進行攻擊，餵飼添加益生菌 10^7 CFU/g 試驗組之魚隻死亡率 (46.67%) 明顯較對照組 (96.67%) 為低。

Abarike 等 (2020) 報導，吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*) 分別餵飼對照組及添加益生菌—枯草芽孢桿菌 + 地衣芽孢桿菌 (2×10^7 CFU/g) 試驗組之飼料，共 56 天，環境水溫 28°C；餵飼試驗結束後，將魚隻分別移入 12°C 及 38°C 的環境，方法是每小時調降或調升 2°C，到達預定溫度後，觀察 2 小時，並採血分析多項生理指標。結果 12°C 處理組，試驗組魚隻總抗氧化能力、過氧化氫酶及超氧歧化酵素活性提升，熱激蛋白 70 基因的表現量增加。38°C 處理組，試驗組魚隻總抗氧化能力及超氧歧化酵素活性提升，熱激蛋白 70 基因的表現量增加。顯示飼料中添加枯草芽孢桿菌 + 地衣芽孢桿菌有助於吳郭魚在極端低或高溫，減少體內氧化壓力。

結語

由於氣候變遷，極端溫度及豪雨常常導致養殖環境出現極度低溫、高溫及鹽度急遽下降，超出水產生物適當之生長環境，綜合上述文獻顯示，在飼料中適當添加益生菌，包括芽孢桿菌、丁酸梭菌、乳酸菌及酵母等，有助於魚蝦在極端低、高溫或低、高鹽度環境下，減少體內氧化之壓力，活化魚蝦的免疫，因此可以增強養殖魚蝦耐受不良環境之能力，提高魚蝦的活存率，降低養殖產業的損失。