

色胺酸有效提升午仔魚對低溫緊迫之耐受

郭錦朱、張博淵、賴哲翊、杜信旻、周瑞良、李彥宏、吳豐成
水產試驗所東港養殖研究中心

色胺酸

色胺酸 (tryptophan) 是一種中性芳香族的動物必需胺基酸，無法於體內自行合成，必須透過飲食攝取 (Wilson, 2002)，除了參與蛋白質合成外，色胺酸還是合成血清素 (serotonin) 和褪黑素 (melatonin) 等神經傳導物質及神經調節劑的前驅物質，對脊椎動物從調節神經內分泌到免疫系統及緩解壓力皆具關鍵性作用。在水產養殖業，色胺酸已被證實可調節魚類行為、緊迫反應、抗氧化系統和免疫反應，對魚類抵抗毒性物質、生長及福利至為重要。魚類飲食缺乏色胺酸，除了生長遲緩外，還會導致脊柱側彎、白內障、鰓蓋骨短缺和礦物質代謝障礙等，因此，優化魚類商業飼料中色胺酸含量成為研究重點，研究結果顯示，不同物種對色胺酸的需求量差異顯著，約為膳食蛋白質的 0.3—1.2% (Hoseini et al., 2019)。此外，魚類對色胺酸的需求量也會因飼養條件而變化；根據 Akhtar 等 (2013) 和 Ciji 等 (2015) 的報告，南亞野鯪 (*Labeo rohita*) 餵食含 3.05—5.17% 色胺酸的飼料後，在高溫、高鹽和高亞硝酸污染壓力下的生長表現優於餵食含 0.99% 色胺酸的對照組，證實魚類在緊迫條件下需要更高的外源色胺酸，以確保最佳生長及繁殖能力。

色胺酸對魚類緊迫反應的影響及其緩解效果

魚類在面臨緊迫因子時，會通過內分泌系統做出反應，改變體內的恆定狀態，並釋放皮質醇 (cortisol) 至血液中，因此，皮質醇含量被廣泛認為是魚類緊迫的重要指標 (Tort, 2011)。持續或頻繁的緊迫會調動魚體內的能量儲備，以滿足對抗緊迫期間的能量需求 (Floriou-Servou et al., 2021)，進而影響魚的成長、飼料效率，並抑制其免疫系統和繁殖能力 (Mazur and Iwama, 1993; Montero et al., 1999)。因此，減輕緊迫對於改善魚類福利和養殖系統的生產力至關重要 (Ashley, 2007; Lupatsch et al., 2010)。

魚類在緊迫狀態下的特徵通常反映在一些血液參數上。腎上腺素在提供能量需求方面發揮重要作用，如刺激肝醣分解，同時抑制胰島素分泌，導致血漿葡萄糖濃度迅速升高。此外，中樞血清素系統在魚類的緊迫反應中也扮演重要角色，包括與皮質醇和葡萄糖等參數相關的關鍵生理反應 (Markus et al., 2000; Lepage et al., 2002; Lucki, 1998)，在腦下垂體和腎上腺素的作用引導下，魚類在面對內外部環境變化時調節體內的恆定狀態 (Lillesaar, 2011)。由此可見，通過血液分析評估魚類對緊迫源的反應，是解析和緩解魚類緊迫反應的重要判定指標之一。

色胺酸對魚類緊迫反應的影響已被廣泛研究。Cabanillas-Gómez 等 (2022) 發現在飼料中額外補充 2% 色胺酸投餵條紋鱸 (*Morone saxatilis*) 7 天後，能有效緩解因缺氧及捕捉引起的緊迫，並顯著降低緊迫時血中葡萄糖濃度；類似的效果也在歐洲鱸魚 (*Dicentrarchus labrax*) 觀察到 (Herrero et al., 2007)。Höglund 等 (2007) 發現，褐鱒 (*Salmo trutta*) 以補充 0.2% 色胺酸的飼料預先投餵 7 天後再移至新環境，可有效減少因遷移緊迫引起的厭食症。Cabanillas-Gómez 等 (2019) 報導，加利福尼亞灣石首魚 (*Totoaba macdonaldi*) 以補充 2.19% 色胺酸的飼料投餵 63 天，有助於恢復魚在高密度飼養條件下的魚體內部恆定，並促進其成長。Lepage 等 (2002, 2003) 的研究顯示，虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 以補充 1.84% 色胺酸的飼料投餵 7 天後進行高密度飼養緊迫處理，結果發現投餵色胺酸的魚在緊迫處理前的血液皮質醇濃度與對照組無顯著差異，但緊迫處理後其皮質醇濃度顯著降低，這一變化與血清素活性和下視丘-腦下垂體-腎上腺軸 (hypothalamic-pituitary-adrenal axis) 的調節有關。大西洋鱈 (*S. salar*) 以補充 1.2% 色胺酸的飼料投餵 7 天後，會刺激或抑制基礎和緊迫後的血漿皮質醇，這與色胺酸的使用劑量和時間密切相關 (Höglund et al., 2017)。Basic 等 (2013) 將大西洋鱈 (*Gadus morhua*) 以補充 0.99–2.19% 色胺酸的飼料投餵 7 天後，放置於壅擠空間壓力下，結果發現色胺酸導致的血漿皮質醇濃度出現劑量依賴性抑制。此外，玉麗體魚 (*Cichlasoma dimerus*) 以補充 2.1% 色胺酸的飼料投餵 4

週，魚會顯現較高的血清素活性，且其皮質醇濃度也顯著降低 (Morandini et al., 2015)。Tejpal 等 (2009) 和 Akhtar 等 (2013) 分別以補充色胺酸 1.36–2.72% 的飼料投餵印鯪 (*Cirrhinus mrigala*) 及 3.05–5.17% 的飼料投餵南亞野鯪 60 天，證實魚在高密度、高溫、高鹽等緊迫條件下補充色胺酸可顯著抑制皮質醇和葡萄糖反應，並改善魚的生長力，即在壓力條件下需要更高的色胺酸攝取量以支持魚的最大成長。Azeredo 等 (2019) 發現，塞內加爾鰈魚 (*Solea senegalensis*) 以補充 1.72% 色胺酸的飼料投餵 38 天後，可降低高飼養密度緊迫誘發的皮質醇含量，並提高魚對發光桿菌 (*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*) 的抗病力。這些研究顯示，色胺酸在緩解魚類緊迫反應方面具有顯著效果，對於提升魚類在不同環境條件下的健康和生長具有重要意義。

色胺酸有效提升午仔魚對低溫緊迫的耐受力

寒流是東亞地區最具威脅性的天氣之一，不僅危及民眾生命安全，也對農林漁牧產業造成嚴重衝擊。在交通部中央氣象署的預報標準中，當臺北氣象站測得的日最低溫度低於 10°C 時，即稱為寒流。根據中央氣象局 1897–2022 年的氣溫統計，平均每年有 14.7 天的寒流 (黃等, 2023)。屏東、高雄、臺南等地是午仔魚的主要養殖區，根據中央氣象局 2004–2023 年的水溫統計，冬季海域最低水溫在將軍區沿海曾降至 13.3°C。另，午仔魚常被列為寒害漁產損失的養殖魚種之

一。為減少寒流突襲造成的養殖魚大量暴斃，並利用氣象預報提供的 10 天準備時間，本研究乃積極探討能在短期內有效提升午仔魚對低溫緊迫耐受力的營養物及其應用方法；且有鑑於色胺酸在緩解多種魚類緊迫反應中的顯著效果，乃選用午仔魚及色胺酸作為供試魚及營養素；於午仔魚飼料中補充添加色胺酸投餵 3、5 及 7 天後，以 14°C 進行低溫緊迫處理後，觀測各組魚之死亡率。結果發現，午仔魚以色胺酸 0、3.4、5.1、6.8 及 8.5% 補充添加之飼料投餵 3 天，對低溫緊迫皆無防護效果 ($p > 0.05$) (圖 1)。若以色胺酸 0、3.4、5.1 及 6.8% 補充添加之飼料投餵 5 天，僅 6.8% 補充組能有效提高魚對低溫緊迫之耐受力，保護力提升 35% ($p < 0.05$) (圖 2)。若以色胺酸 0、1.7、3.4、5.1 及 6.8% 補充添加之飼料投餵 7 天，則色胺酸 5.1 及 6.8% 補充組皆能有效提高魚對低溫緊迫的耐受力，保護力分別提升 30 及 39% ($p < 0.05$) (圖 3)。綜上結果可知飼料中補充色胺酸 6.8% 投餵 5 天或以 5.1—6.8% 投餵 7 天，皆可有效地提高午仔魚對低溫緊迫之耐受力。

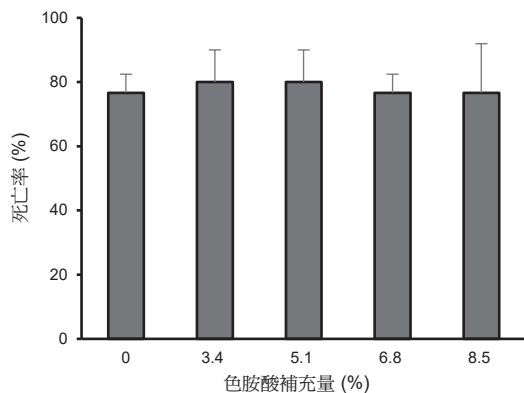


圖 1 午仔魚以補充添加色胺酸 0、3.4、5.1、6.8 及 8.5% 等不同之飼料投餵 3 天後移置 14°C 海水進行冷緊迫攻擊試驗之死亡率

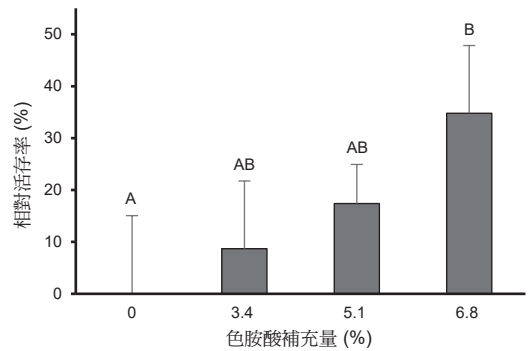


圖 2 午仔魚以補充添加色胺酸 0、3.4、5.1 及 6.8% 等不同之飼料投餵 5 天後移置 14°C 海水進行冷緊迫攻擊試驗之相對存活率

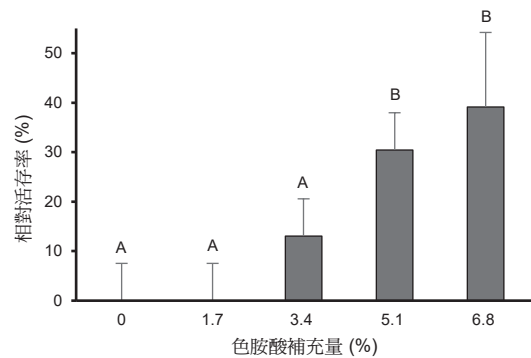


圖 3 午仔魚以補充添加色胺酸 0、1.7、3.4、5.1 及 6.8% 等不同之飼料投餵 7 天後移置 14°C 海水進行冷緊迫攻擊試驗之相對存活率

結語

在動物飼料中補充功能性營養素對於動物的健康管理和福祉是一種非常有效且前景廣闊的養殖策略。綜上結果可知，養殖魚適量補充色胺酸，能有效緩解魚在短期或長期處於高密度養殖、水污染、捕捉、缺氧、高溫、低溫、高鹽等緊迫因子下的壓力。換言之，色胺酸的補充不僅能降低魚的攻擊行為，維持魚體內的恆定狀態，還能提高魚的抗病能力、促進生長和繁殖力，從而增強養魚系統的生產力，提高漁民收益。