



益生菌在鮑魚屬貝類養殖應用之潛力

黃美瑩¹、朱惠真¹、陳凱琳¹、林玠如¹、徐德華²

¹水產試驗所水產養殖組、²國立臺灣海洋大學水產養殖學系

■ 前言

九孔 (*Haliotis diversicolor*) 為鮑魚屬貝類，九孔養殖曾經為臺灣重要產業之一，但在基因歧異度減少 (曾與杜，2015)、種苗不穩定、病毒與細菌感染 (李等，2003；張，2003)、餌料 (龍鬚菜) 供應不穩定及中國的小顆鮑魚低價競爭等問題影響下，臺灣九孔產業大幅萎縮，全盛時期 2001 年產量達最大，年產量可達 2,497 公噸，年產值近新臺幣 20 億元，而在 2011 年產量僅 41 公噸，為 2001 年產量的 1.6%，2023 年產量約 140 公噸 (王，2024)。種苗不穩定方面，必須持續更新九孔品種，才能突破育成率低迷的困境，九孔育種，目前由本所及國立臺灣海洋大學持續研發中。由於九孔產業式微，龍鬚菜種植減少，供應不足，應該加強研發九孔功能性益生菌飼料，才能增加養殖九孔本身的健康、提高成長、縮短養殖期程、增強抗病力、降低養殖風險及提高育成率。本文收集益生菌在鮑魚屬貝類養殖之研究報告，探討其應用潛力，作為相關研發參考。

■ 益生菌在養殖鮑魚的應用

益生菌通常定義為用以提升宿主健康所使用的微生物，而水產的益生菌包括可改善水質的微生物 (Nayak, 2010)。在水產養殖中使用，提高養殖生物疾病抵抗力、營養和生長方面具

有極高的效果，Bullon 等 (2023) 綜論鮑魚營養的研究指出，用多種益生菌補充在鮑魚飼料，提升鮑魚的整體健康、飼料消化率、生長率、活存率和抗病力，開發能提供綜合營養與健康益處的鮑魚飼料。近 20 年來，益生菌應用在養殖鮑魚成效顯著 (表 1)。

一、九孔

九孔飼料中添加菌量均為 10^8 CFU/g 之 *Bacillus stratosphericus* A3440、*Phaeobacter daeponensis* AP1220 及這 2 種菌株的混合物，進行 180 天的飼養試驗，結果顯示，試驗組添加的益生菌具有增加殼長與體重、增加消化酵素活性、減少哈維氏弧菌 (*Vibrio harveyi*) 攻擊後之死亡率及平衡腸道菌相等效果 (Zhao et al., 2018)。

二、皺紋盤鮑 (*Haliotis discus hannai*)

皺紋盤鮑飼食包含液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens* KC16-2) 的飼料 (菌量為 10^9 CFU/g) 12 週，在塔氏弧菌 (*V. tubiashii*) 攻擊試驗後，飼食益生菌飼料的鮑魚死亡率僅為對照組的一半 (Park et al., 2016)。投餵添加地衣芽孢桿菌 (*B. licheniformis*) 飼料 (菌量為 10^5 CFU/g) 8 週，對皺紋盤鮑具有提升生長、增強免疫力及減少腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*) 攻擊後之死亡率 (Gao et al., 2018)。飼食添加液化

澱粉芽孢桿菌的飼料 (菌量為 10^5 CFU/g) 8 週的皺紋盤鮑，在腸炎弧菌攻擊試驗後，餵食益生菌飼料的鮑魚死亡率明顯較對照組減低 (Gao et al., 2019)。皺紋盤鮑投餵添加地衣芽孢桿菌飼料 (菌量為 10^5 CFU/g) 70 天，對皺紋盤鮑具有提升生長、增加消化酵素活性、提升免疫及減少腸炎弧菌攻擊後之死亡率 (Gao et al., 2020)。皺紋盤鮑餵食包含 *Bacillus* sp. KRF-7 (KRF-7, 10^8 CFU/g)、*Bacillus* sp. PM8313 (PM8313, 10^8 CFU/g)、 β -葡寡糖 (β -glucooligosaccharide, BGO, 0.1%) 及其合益素 (KRF-7 + PM8313, 10^8 CFU/g; BGO, 0.1%, 12 週)，具有提升皺紋盤鮑生長、消化生理及免疫效果 (Cadangin et al., 2024)。

三、南非鮑魚 (*H. midae*)

南非鮑魚餵食益生菌 (1 株細菌 SY9 及 2 株酵母 SS1, AY1) 補充飼料 (菌量為 10^7 CFU/g, 8 個月)，相較於未餵食益生菌的鮑魚，具有更高的生長速率、消化酵素活性和存活率 (Macey and Coyne, 2005)。餵食飼料中添加弧菌 (*Vibrio midae* SY9)、隱球菌 (*Cryptococcus* sp. SS1) 和漢斯德巴氏酵母菌 (*Debaryomyces hansenii* AY1) (10^7 CFU/g, 3 週)，該 3 種益生菌能夠定殖南非鮑魚的胃腸道 (Macey and Coyne, 2006)。餵食含有 *Pseudoalteromonas* sp. C4 菌株海藻飼料 (菌量為 10^{10} CFU/g, 7 個月) 之南非鮑魚，與餵食標準海藻飼料的鮑魚相比，顯示出更高的生長速率 (Ten Doeschate and Coyne, 2008)。

四、紐西蘭鮑魚 (*H. iris*)

紐西蘭鮑魚餵食含有 3 株混和益生菌 *Exiguobacterium* JHEb1、*Vibrio* JH1 和

Enterococcus JHLDc (菌量為 10^9 CFU/g, 60 天) 的商業鮑魚飼料，相較於未餵食益生菌的鮑魚，具有更高的生長速率和存活率 (Hadi et al., 2014)。紐西蘭鮑魚餵食添加多菌株益生菌 (*Exiguobacterium* JHEb1、*Vibrio* JH1 和 *Enterococcus* JHLDc) (菌量為 10^9 CFU/g, 4 個月) 的飼料，相較於未餵食益生菌的鮑魚，能夠增強幼鮑的生長速率及免疫反應能力 (Grandiosa et al., 2018)。餵食紐西蘭鮑魚添加多株益生菌 (*Exiguobacterium* JHEb1、*Vibrio* JH1 和 *Enterococcus* JHLDc) (菌量為 10^9 CFU/g) 的商業飼料 4 個月後，餵食益生菌的鮑魚之免疫力提升，在致病性爛腸弧菌 (*V. splendidus*) 攻擊後的存活率，顯著較對照組高 (Grandiosa et al., 2020)。

五、大鮑魚 (*H. gigantea*)、驢耳鮑螺 (*H. asinina* L.) 及其他鮑魚

大鮑魚餵食宿主來源的乳酸菌 *Pediococcus* sp. Ab1 (菌量為 10^9 CFU/g, 53 天)，對大鮑魚的腸道微生物群具有調節作用，可培養的乳酸菌數量比非益生菌組高出 10^5 倍 (Iehata et al., 2014)。

驢耳鮑螺幼鮑的餌料—龍鬚菜 (*Gracilaria* sp.)，混合液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens* MA228)、路氏腸桿菌 (*Enterobacter ludwigii* MA208) 和乳酸片球菌 (*Pediococcus acidilactici* MA160) (菌量為 10^7 CFU/g, 62 天)，對幼鮑顯著增加殼長及體重之效益 (Amin et al., 2019)。

此外，Amin et al. (2020) 探討雜交鮑魚 (*Halotis laevigata* \times *H. rubra*, Brown 1992) 腸胃道的可培養乳酸菌，並篩選其益生菌特性，共分離出糞腸球菌 (*Enterococcus faecium*



MA002)、乳腸球菌 (*E. lactis* MA056)、腸膜明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides* MA064)、*E. lactis* MA068 和 *E. lactis* MA084 等 5 個菌株，該 5 個菌株對溶藻弧菌 (*V. alginolyticus*) 和李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*) 表現出拮抗活性；這 5 個菌株未顯示出溶血活性，可能表示它們是非致病性的。這些結果證實，乳酸菌在鮑魚能夠定殖於腸道並且能夠產生抗菌化合物。

結語

益生菌應用在多種鮑魚飼料，整體而言，明顯增加養殖鮑魚本身的成長、提高健康程度、縮短養殖期程、調節免疫力、增強抗病力、降低養殖風險及顯著提高育成率；相關技術應用在臺灣九孔之飼料，可協助解決龍鬚菜不足的問題，提升九孔飼料效益。

表 1 鮑魚屬貝類飼料中應用品生菌的效益

益生菌	菌數 (CFU/g)	時間	鮑魚種類	效益	文獻
<i>Bacillus stratosphericus</i> A3440 and <i>Phaeobacter daeponensis</i> AP1220	10 ⁸	180 天	九孔 (<i>Haliotis diversicolor</i>)	增加殼長及體重、增加消化酵素活性及減少哈維氏弧菌 (<i>Vibrio harveyi</i>) 攻擊後之死亡率，平衡腸道菌相	Zhao et al., 2018
液化澱粉芽孢桿菌 (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> KC16-2)	10 ⁹	12 週	皺紋盤鮑 (<i>Haliotis discus hannai</i>)	減少塔氏弧菌 (<i>V. tubiashii</i>) 攻擊後之死亡率	Park et al., 2016
地衣芽孢桿菌 (<i>Bacillus licheniformis</i>)	10 ⁵	8 週		增加成長、提升免疫及減少腸炎弧菌 (<i>V. parahaemolyticus</i>) 攻擊後之死亡率	Gao et al., 2018
液化澱粉芽孢桿菌	10 ⁵	8 週		增加成長、提升免疫及減少腸炎弧菌攻擊後之死亡率	Gao et al., 2019
地衣芽孢桿菌	10 ⁵	70 天		增加成長、增加消化酵素活性、提升免疫及減少腸炎弧菌攻擊後之死亡率	Gao et al., 2020
<i>Bacillus</i> sp. KRF-7 (KRF-7), <i>Bacillus</i> sp. PM8313 (PM8313), β -glucosaccharide (BGO)	10 ⁸ , BGO 0.1%	12 週	南非鮑魚 (<i>Haliotis midae</i>)	增加殼長及體重、增加消化酵素活性及提升免疫力	Cadangin et al., 2024
益生菌 SY9, SS1 and AY1	10 ⁷	8 個月		提升成長、增加消化酵素活性、提高存活率	Macey and Coyne, 2005
弧菌 (<i>Vibrio midae</i> SY9)、隱球菌 (<i>Cryptococcus</i> sp. SS1) 和漢斯德巴氏酵母菌 (<i>Debaryomyces hansenii</i> AY1)	10 ⁷	3 週		可以定殖於鮑魚的腸道	Macey and Coyne, 2006
<i>Pseudoalteromonas</i> sp. C4	10 ¹⁰	7 個月		提升成長	Ten Doeschate and Coyne, 2008
<i>Vibrio</i> JH1, <i>Exiguobacterium</i> JHEb1 and <i>Enterococcus</i> JHLDc	10 ⁸⁻⁹	60 天	紐西蘭鮑魚 (<i>Haliotis iris</i>)	增加殼長與體重及減少死亡率	Hadi et al., 2014
	10 ⁹	4 個月		增加殼長與體重、改善碳代謝及提升免疫力	Grandiosa et al., 2018
	10 ⁹	4 個月		提升免疫及減少燦爛弧菌 (<i>V. splendidus</i>) 攻擊後之死亡率	Grandiosa et al., 2020
<i>Pediococcus</i> sp. Ab1	10 ⁹	53 天	大鮑魚 (<i>Haliotis gigantea</i>)	調節腸道微生物相	Iehata et al., 2014
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MA228、 <i>Enterobacter ludwigii</i> MA208 and <i>Pediococcus acidilactici</i> MA160	10 ⁷	62 天	驢耳鮑螺 (<i>Haliotis asinina</i> L.)	增加殼長及體重	Amin et al., 2019
糞腸球菌 (<i>Enterococcus faecium</i> MA002、 <i>E. lactis</i> MA068 和 <i>E. lactis</i> MA084)、乳腸球菌 (<i>E. lactis</i> MA056) 及腸膜明串珠菌 (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MA064)	-	-	雜交鮑魚 (<i>Haliotis laevigata</i> × <i>H. rubra</i> , Brown 1992)	乳酸菌定殖於腸道、拮抗病原菌及產生抗菌物質	Amin et al., 2020