

飼料中添加海木耳藻渣發酵物之應用研究

黃侑勛¹、易琮凱²、李沛珊¹、何源興¹

¹ 水產試驗所東部海洋生物研究中心、² 水產加工組

前言

石斑魚及鱸魚（包括金目鱸 *Lates calcarifer* 與七星鱸 *Lateolabrax japonicus*）為臺灣的十大養殖物種，根據 2021 年漁業統計年報指出，石斑魚年產量約 2 萬公噸，產值約新臺幣 44 億元，鱸魚則年產 2 萬 1 千公噸，產值約新臺幣 20 億元；石斑魚及鱸魚養殖產業受鏈球菌及弧菌感染影響，已成為該項水產養殖產業相當重要之細菌性病原，鏈球菌感染症主要好發於高水溫期，加上臺灣南部地區養殖密度高造成緊迫，一旦爆發大規模感染，常造成石斑魚及鱸魚產量減少之經濟損失。

許多免疫刺激物 (immunostimulant) 已被證實能有效的增強魚類免疫反應以及對傳染性疾病的抵抗能力，魚類經過投餵添加免疫激活物的飼料，如由細菌細胞壁萃取的脂多醣 (lipopolysaccharide, LPS)、酵母菌之細胞壁萃取物葡聚多醣體 (β -glucan) 能有效增強其非特異性免疫功能 (Verlhac et al., 1996; Couso et al., 2003)；經由熱抽出物及酸鹼處理之褐藻 (*Undaria pinnatifida*)，其在歐洲鯉 (*Cyprinus carpio*) 對愛德華氏菌 (*Edwardsiella tarda*) 之抵抗實驗中，顯示具較高之活存率 (Fujiki et al., 1994)。因此本研究以蘇氏海木耳 (*Sarcodia suiae*) 之藻渣發酵

物作為飼料添加物以開發益健飼料配方，增強七星鱸及石斑魚之非特異性免疫能力以對抗細菌性病原，降低養殖過程中因細菌性疾病所產生之死亡情形，最終將本試驗所完成之海木耳藻渣發酵物推廣至養殖產業，達成建構安全且高效率的綠色水產養殖體系，促進水產養殖產業升級之目標。

海木耳主要分布於印度洋到太平洋海域之潮間帶至水下 15 m 以淺之礁岩，全年可見，2—5 月為盛產期，全臺及離島海岸均有分布。海木耳的藻體暗紅色或黃綠色，高約 5—15 cm，扁平葉狀，具叉狀或不規則分岐，頂端常呈心形或長心形，質地為厚革質或軟骨質，基部為楔形，具粗短之莖狀部。未成熟個體表面光滑，成熟後表面則具有顆粒狀突起。目前本中心已建立陸上槽式海木耳量產技術，利於掌控養殖環境及批次培養。海木耳等大型海藻含有豐富的硫酸化多醣，常用於藥妝和製藥工業。海藻衍生的硫酸化多醣還具有血液凝固、抗病毒活性、抗氧化活性和抗癌活性的潛在用途，水產養殖飼料添加海木耳藻渣發酵物，內含海藻多醣，預期可具有替代抗生素之潛力，海藻多醣在水產養殖中可視為益生元物質，主要被認為能夠改善養殖生物的生長性能和健康狀況 (Mohan et al., 2019)。

本試驗以目前臺灣水產養殖大宗物種之



七星鱸及龍虎斑 (*Epinephelus fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*) 作為研究對象，利用海木耳藻渣發酵物作為飼料添加物，探討對七星鱸及龍虎斑成長效果與免疫調節能力之影響。

材料與方法

一、飼料中添加海木耳藻渣發酵物對七星鱸成長與免疫調節能力之影響

本試驗使用參考市售鱸魚飼料配方所配製出的試驗飼料，粗成分分析結果如表 1 所示，粗蛋白質含量 $45.16 \pm 0.01\%$ 、粗脂肪含量 $15.81 \pm 0.48\%$ ；試驗組飼料與對照組主成分相同，但不同組別分別添加 2 g/kg、4 g/kg 的海木耳藻渣發酵物及 1 g/kg 的 D5 (*Bacillus*

pumilus D5) 益生菌，粗成分分析數據在各組間無差異，不影響試驗結果；試驗用七星鱸魚苗隨機分為 5 組，每組 30 尾 3 重複，總計使用 450 尾。試驗期間為 12 週，且每 4 週收集體重資料做為成長表現之參考依據，並於試驗結束後收集魚隻之超氧化物歧化酶活性 (superoxide dismutase activity, SOD activity) 以及溶菌酶活性 (lysozyme) 等各項免疫指標數值，用以比較飼料中添加海木耳藻渣發酵物對七星鱸成長效果及非特異性免疫能力之影響。

二、飼料中添加海木耳藻渣發酵物對龍虎斑成長與免疫調節能力之影響

以市售石斑魚飼料為基礎製作對照組及試驗組飼料，粗成分分析結果如表 2 所示，

表 1 添加海木耳藻渣發酵物之七星鱸飼料粗成分分析

樣品名稱	水分 (%)	蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	粗纖維 (%)	粗灰分 (%)	鹽酸不溶物 (%)	碳水化合物 (%)
對照組	5.52±0.02	45.16±0.01	15.81±0.48	0.8±0.10	12.12±0.05	0.62±0.05	19.97±0.71
A (0.2% Seaweed)	2.32±0.04	46.45±0.06	15.52±0.20	0.8±0.07	12.60±0.03	0.67±0.03	21.64±0.43
B (0.4% Seaweed)	2.24±0.05	45.79±0.15	17.00±0.59	0.84±0.07	12.63±0.08	0.67±0.03	20.83±0.97
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	2.48±0.12	45.88±0.42	15.82±0.53	0.81±0.10	12.71±0.02	0.71±0.02	21.64±0.21
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	2.49±0.12	45.36±0.41	16.56±0.60	0.77±0.04	12.66±0.13	0.78±0.08	21.39±0.38
CNS	< 11	> 43	> 3	< 3	< 16	< 2	-

n = 3

表 2 添加海木耳藻渣發酵物之龍虎斑飼料粗成分分析

樣品名稱	水分 (%)	蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	粗纖維 (%)	粗灰分 (%)	鹽酸不溶物 (%)	碳水化合物 (%)
對照組	3.16±0.02	47.93±0.55	7.56±0.03	0.72±0.08	15.90±0.03	0.65±0.04	25.45±0.84
A (0.2% Seaweed)	1.67±0.46	48.61±0.13	7.57±0.29	0.79±0.20	15.67±0.05	0.75±0.29	26.49±0.52
B (0.4% Seaweed)	1.41±0.08	46.68±0.24	6.79±0.23	0.96±0.07	14.36±0.08	0.63±0.06	30.76±0.54
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	1.60±0.04	48.27±0.08	8.08±0.27	0.70±0.00	15.64±0.17	0.52±0.18	26.41±0.67
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	3.21±0.02	48.42±0.51	8.08±0.05	1.44±0.20	15.97±0.02	0.60±0.03	24.33±0.39
CNS	< 11	> 43	> 3	< 3	< 16	< 2	-

n = 3

粗蛋白質含量 $47.93 \pm 0.55\%$ 、粗脂肪含量 $7.56 \pm 0.03\%$ ；試驗組飼料依組別添加 2 g/kg、4 g/kg 的海木耳藻渣發酵物及 1 g/kg 的 D5 益生菌；試驗用之龍虎斑魚苗隨機分為 5 組，每組 50 尾 3 重複，總計使用 750 尾龍虎斑魚苗。試驗期間為 8 週，試驗期間結束後收集體重資料做為成長表現之參考依據，並收集魚隻之超氧化物歧化酶活性以及溶菌酶活性等各項免疫指標數值，用以比較飼料中添加海木耳藻渣發酵物對龍虎斑成長效果及非特異性免疫能力之影響。

結果

一、飼料中添加海木耳藻渣發酵物對七星鱸成長與免疫調節能力之影響

成長表現結果如表 3 所示，七星鱸魚苗在投餵對照組及試驗飼料 12 週後，體重以 B 組最佳；增重率部分，在投餵 12 週後以 B 組最佳，為 $113.24 \pm 10.96\%$ ，且試驗組各組數據均顯著優於對照組；特殊成長率 (specific growth rate, SGR) 部分，在投餵 12 週後以 B 組最佳，為 $0.90 \pm 0.06\%$ ，且試驗組各組數據顯著優於對照組；在投餵添加海

木耳藻渣發酵萃取物之益健飼料對七星鱸非特異免疫能力影響的試驗結果，以七星鱸血清中吞噬細胞活性、溶菌酶活性、超氧化物歧化酶濃度及穀胱甘肽濃度 (GPx) 做為觀察指標 (表 4)；在投餵對照組及試驗飼料 12 週後，發現吞噬細胞活性以投餵 4 週的 A 組 $156.71 \pm 8.00\%$ 最佳；溶菌酶活性以投餵 4 週的 D 組 $317.12 \pm 7.44 \mu\text{U/ml}$ 最佳；超氧化物歧化酶濃度以投餵 8 週的 C 組 $53.48 \pm 1.10 \text{ U/ml}$ 最佳；穀胱甘肽濃度則各組表現無顯著差異。

二、飼料中添加海木耳藻渣發酵物對龍虎斑成長與免疫調節能力之影響

成長表現結果如表 5 所示，龍虎斑魚苗，在投餵對照組及試驗飼料 8 週後，體重以 C 組最佳；增重率部分，在投餵 8 週後以 C 組 $151.77 \pm 3.82\%$ 最佳，且試驗組各組數據均顯著優於對照組；特殊成長率部分，在投餵 8 週後以 C 組 $0.92 \pm 0.12\%$ 最佳，且試驗組各組數據顯著優於對照組；在投餵添加海木耳藻渣發酵萃取物之益健飼料對龍虎斑非特異免疫能力影響的試驗結果，本試驗以龍虎斑血清中吞噬細胞活性、溶菌酶活性、超氧化物歧化酶濃度及穀胱甘肽濃度做為觀

表 3 七星鱸成長表現數值

七星鱸	初重(g)	末重(g)	增重率(%)	SGR(%)	存活率(%)	飼料轉換率
對照組	98.40±9.22	182.40±16.26	85.67±6.15 ^b	0.74±0.04 ^b	82±2 ^b	1.20±0.24 ^b
A (0.2% Seaweed)	99.71±5.71	199.00±10.32	100.55±18.73 ^{ab}	0.82±0.11 ^{ab}	97±1 ^a	0.90±0.09 ^{ab}
B (0.4% Seaweed)	97.19±8.78	206.40±9.24	113.24±10.96 ^a	0.90±0.06 ^a	97±1 ^a	0.79±0.17 ^a
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	98.40±9.22	198.80±8.47	103.24±15.49 ^{ab}	0.84±0.09 ^{ab}	96±2 ^a	0.84±0.06 ^a
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	99.98±6.14	204.40±8.02	104.73±5.40 ^{ab}	0.85±0.03 ^{ab}	97±1 ^a	0.90±0.06 ^a

數值為平均值 ± 標準差；樣本數 = 30

不同字母間表示組間有顯著差異 ($p < 0.05$)



表 4 七星鱸非特異免疫能力數值

七星鱸	吞噬細胞活性 (%)	溶菌酶活性 (μU/ml)	超氧化物歧化酶濃度 (U/ml)	穀胱甘肽濃度 (Units/ml)
對照組 (4 週)	89.18±4.77 ^b	117.02±8.11 ^b	1.68±0.62 ^b	0.0001±0
A (0.2% Seaweed)	156.71±8.00 ^a	297.26±16.98 ^a	7.64±0.70 ^a	0.0001±0
B (0.4% Seaweed)	112.52±9.22 ^a	209.55±20.78 ^{ab}	4.32±1.30 ^a	0.0001±0
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	39.40±2.78 ^b	207.51±16.04 ^{ab}	2.21±0.16 ^b	0.0001±0
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	97.31±4.39 ^a	317.12±7.44 ^a	15.54±2.06 ^a	0.0001±0
對照組 (8 週)	57.37±2.27 ^b	163.08±3.09 ^b	25.48±0.60 ^b	3.46±0.05 ^a
A (0.2% Seaweed)	77.29±4.80 ^a	181.44±7.93 ^b	21.22±0.39 ^b	1.18±0.02 ^b
B (0.4% Seaweed)	67.44±3.56 ^a	227.67±8.64 ^a	50.15±1.55 ^a	2.14±0.01 ^b
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	53.78±5.57 ^b	190.25±3.56 ^b	53.48±1.10 ^a	1.60±0.02 ^b
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	76.38±1.05 ^a	135.57±4.34 ^b	37.09±0.95 ^a	2.27±0.01 ^b
對照組 (12 週)	112.66±3.82 ^a	188.64±3.82 ^b	6.63±0.59 ^b	2.05±0.01 ^b
A (0.2% Seaweed)	117.57±2.57 ^a	218.17±9.24 ^a	5.82±0.81 ^b	2.16±0.01 ^b
B (0.4% Seaweed)	113.00±4.30 ^a	184.74±14.98 ^b	29.18±5.11 ^a	2.67±0.03 ^a
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	117.22±4.74 ^a	189.26±9.97 ^b	15.64±0.89 ^{ab}	2.45±0.02 ^a
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	112.21±2.05 ^a	146.11±21.33 ^b	14.55±1.84 ^{ab}	2.33±0.02 ^a

數值為平均值 ± 標準差；樣本數 = 3

不同字母間表示組間有顯著差異 ($p < 0.05$)

表 5 龍虎斑成長表現數值

龍虎斑	初重(g)	末重(g)	增重率(%)	SGR(%)	活存率(%)	飼料轉換率
對照組	16.80±1.64	29.83±5.54	92.22±2.52 ^b	0.77±0.16 ^b	94±2 ^a	1.53±0.71 ^b
A (0.2% Seaweed)	16.40±1.85	37.43±4.96	138.47±2.37 ^a	1.03±0.12 ^a	97±1 ^a	1.10±0.27 ^a
B (0.4% Seaweed)	16.90±2.01	35.29±3.90	117.69±2.01 ^{ab}	0.92±0.12 ^{ab}	97±1 ^a	1.22±0.26 ^a
C (0.2% Seaweed + 0.1% Probiotics)	16.20±1.15	38.86±5.37	151.77±3.82 ^a	1.09±0.18 ^a	97±1 ^a	1.00±0.24 ^a
D (0.4% Seaweed + 0.1% Probiotics)	16.50±1.37	37.86±4.34	142.48±4.02 ^a	1.04±0.20 ^a	96±1 ^a	1.04±0.22 ^a

數值為平均值 ± 標準差；樣本數 = 50

不同字母間表示組間有顯著差異 ($p < 0.05$)

察指標 (表 6)；在投餵對照組及試驗飼料 8 週後，發現吞噬細胞活性以投餵 4 週的 A 組 $118.58 \pm 5.75\%$ 最佳；溶菌酶活性以投餵 4 週的 B 組 $147.48 \pm 13.06 \mu\text{U/ml}$ 最佳；超氧化物歧化酶濃度以投餵 4 週的 C 組 $591.63 \pm 35.99 \text{ U/ml}$ 最佳；穀胱甘肽濃度以投餵 4 週的 C 組 $5.52 \pm 0.03 \text{ Units/ml}$ 最佳。

結語

Zhang et al. (2020) 將不同濃度 (0、1、2、3%) 的海帶多醣添加到鯉魚的飼料中，並在餵食後測量其生長表現、代謝酶活性和免疫反應等指標。該研究發現，在添加 2% 的海帶多醣後，鯉魚的平均體重增加率、特

表 6 龍虎斑非特異免疫能力數值

龍虎斑	吞噬細胞活性 (%)	溶菌酶活性 ($\mu\text{U/ml}$)	超氧化物歧化酶濃度 (U/ml)	穀胱甘肽濃度 (Units/ml)
對照組 (2 週)	86.27 $\pm$ 1.25 ^a	91.43 $\pm$ 0.05 ^b	63.34 $\pm$ 2.10 ^a	2.22 $\pm$ 0.03 ^b
A (0.2% Seaweed)	65.20 $\pm$ 7.95 ^a	107.04 $\pm$ 0.03 ^a	52.75 $\pm$ 1.04 ^a	3.15 $\pm$ 0.06 ^a
B (0.4% Seaweed)	85.01 $\pm$ 1.67 ^a	118.37 $\pm$ 0.09 ^a	40.76 $\pm$ 0.87 ^a	3.92 $\pm$ 0.05 ^a
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	77.75 $\pm$ 2.24 ^a	91.44 $\pm$ 0.06 ^b	60.54 $\pm$ 0.36 ^a	1.89 $\pm$ 0.01 ^b
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	79.87 $\pm$ 0.66 ^a	95.69 $\pm$ 0.04 ^b	61.42 $\pm$ 2.02 ^a	2.09 $\pm$ 0.03 ^b
對照組 (4 週)	109.06 $\pm$ 2.35 ^b	85.43 $\pm$ 5.02 ^b	358.76 $\pm$ 36.18 ^b	3.80 $\pm$ 0.24 ^b
A (0.2% Seaweed)	118.58 $\pm$ 5.75 ^a	126.18 $\pm$ 0.77 ^a	242.89 $\pm$ 20.00 ^b	4.91 $\pm$ 0.07 ^a
B (0.4% Seaweed)	116.09 $\pm$ 5.30 ^a	147.48 $\pm$ 13.06 ^a	120.81 $\pm$ 24.32 ^b	4.66 $\pm$ 0.02 ^a
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	117.43 $\pm$ 1.74 ^a	129.97 $\pm$ 10.48 ^a	591.63 $\pm$ 35.99 ^a	5.52 $\pm$ 0.03 ^a
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	112.51 $\pm$ 2.71 ^a	140.63 $\pm$ 4.69 ^a	580.35 $\pm$ 69.96 ^a	5.31 $\pm$ 0.04 ^a
對照組 (8 週)	90.88 $\pm$ 1.38 ^a	69.07 $\pm$ 7.62 ^b	1.25 $\pm$ 3.83 ^b	4.34 $\pm$ 0.04 ^a
A (0.2% Seaweed)	89.72 $\pm$ 0.02 ^a	88.68 $\pm$ 9.53 ^{ab}	21.02 $\pm$ 21.37 ^b	3.68 $\pm$ 0.04 ^b
B (0.4% Seaweed)	116.09 $\pm$ 5.30 ^a	88.78 $\pm$ 6.87 ^{ab}	11.13 $\pm$ 6.71 ^b	3.08 $\pm$ 0.05 ^b
C (0.2% Seaweed+0.1% Probiotics)	117.43 $\pm$ 1.74 ^a	106.73 $\pm$ 9.70 ^a	15.82 $\pm$ 13.55 ^b	3.97 $\pm$ 0.09 ^b
D (0.4% Seaweed+0.1% Probiotics)	112.51 $\pm$ 2.71 ^a	77.52 $\pm$ 8.32 ^{ab}	168.75 $\pm$ 28.38 ^a	2.81 $\pm$ 0.04 ^b

數值為平均值 $\pm$ 標準差；樣本數 = 3不同字母間表示組間有顯著差異 ($p < 0.05$)

定生長率和肝臟脂肪酸合成酶 (FAS) 活性均有顯著提高。此外，添加海帶多醣還能夠增加鯉魚的血清總蛋白、球蛋白和免疫球蛋白 M (IgM) 的含量，並提高其肝臟抗氧化酶 (CAT、SOD 和 GPx) 活性。該研究表明，海帶多醣能夠促進鯉魚的生長和代謝，並增強其免疫力和抗氧化能力，因此可以作為水產養殖中的一種有效添加劑；Yan et al. (2016) 的研究探討了飼料中添加不同比例海木耳粉和魚粉對小龍蝦生長的影響，與對照組相比，添加海木耳和魚粉的飼料可以顯著提高小龍蝦的體重、長度和特殊增長率，另外，添加海木耳和魚粉的飼料可以顯著改善養殖水質，並提高小龍蝦的免疫力；Liu et al. (2017) 研究探討了添加不同比例的海木耳到白蝦飼料中的效果。研究結果表明，添加適量的海木耳可以顯著提高白蝦的生長速度和存活率，並且可以提高其抗氧化酶活性；

Liang et al. (2017) 研究結果表明，海藻粉作為飼料添加劑，可以提高鱸魚的生長性能、免疫力和抗氧化能力。另外，該研究還指出，添加過高濃度的海藻粉可能會對魚類的生長和免疫系統產生負面影響，因此需要進一步探討最適宜的添加量。

綜合前人研究成果與本研究試驗數據，推論於一般飼料中添加海木耳藻渣發酵物對七星鱸及龍虎斑之成長效果確有顯著影響，且可顯著提升七星鱸與龍虎斑之非特異免疫能力；另外本試驗結果顯示，在飼料中添加海木耳藻渣發酵物及 D5 益生菌，可有效提升七星鱸及龍虎斑之成長效果與非特異免疫能力，並不會產生拮抗作用，但考慮添加物均會增加養殖成本之因素，建議可選擇添加海木耳藻渣發酵物，添加濃度為 2 g/kg 飼料，且投餵 4—8 週即可有效提升成長效果及免疫指標數據。