

飼料中不同蛋白質與脂質含量對牙鯧成長及肉質影響之研究

陳玉萍·黃侑勛*·蔡明恆·何源興

農業部水產試驗所東部漁業生物研究中心

摘要

牙鯧 (*Paralichthys olivaceus*) 屬於溫帶物種，本研究旨在了解本魚種於亞熱帶國家之飼料營養需求，同時探討飼料之油脂含量對其肉質之影響。試驗結果顯示，初始體重為 173.4 ± 1.9 g 之牙鯧，飼料中最低蛋白質添加量為 52.8 %；初始體重為 334.5 ± 9.2 g 之牙鯧，飼料中最低脂質添加量為 15.7 %。探討飼料中添加不同含量脂質對牙鯧成長及肉質之影響，以初始體重 1048.0 ± 24.9 g 之牙鯧進行試驗，投餵 8 週後取魚肉進行分析，眼側部分，其生魚肉硬度會隨著飼料中油脂含量上升而提高，但是經煮熟後蛋白質變性，質地則相反；彈性部分，魚肉經煮熟後彈性會隨著飼料中油脂含量上升而彈性增加。盲側部分，其硬度趨勢與眼側魚肉相同，生魚肉之彈性則是以油脂含量 15%組別最高。

關鍵詞：牙鯧、蛋白質、脂質、肉質

前言

在漁用配合飼料中，蛋白質與脂質主要提供魚隻成長所需，其含量是決定魚類生長快慢的關鍵因素，且過高或過低均會影響魚類的生長和養殖的經濟效益 (Webster *et al.*, 2001；錢等, 2002；Hamidoghli *et al.*, 2020)。魚類屬於變溫動物，在維持水溫極困難的水域環境裡，可加大其對能源的利用率。然而體溫的改變對整個生物能調控影響很大，因此魚類營養需求會隨養殖環境而改變 (Bowyer *et al.*, 2013；劉, 2008)。所以當養殖環境改變時候，也會影響對營養需求 (Wilson and Halver, 1986)，如大鱗鉤吻鮭 (*Oncorhynchus tshawytscha*) 最佳蛋白質需求取決於水溫，研究發現在 8°C 時蛋白質需求為 40%，在 15°C 時蛋白質需求為 55% (DeLong *et al.*, 1958)；七星鱸 (*Lateolabrax maculatus*) 分別飼養在 27°C 和 33°C 環境下，其蛋白質需求分別為 46.8% 和 44.9% (Cai *et al.*, 2020)。另外，飼料中脂質含量除提供

魚類成長所需也有助於蛋白質節約，也會影響魚肉品質如物理及感官特性等 (鄧等, 2011)。

牙鯧 (*Paralichthys olivaceus*) 長期以來一直是韓國、日本及中國重要養殖物種 (陳等, 2008)，該魚類在全球近 3 年的水產養殖生產量平均為 43,000 mt 以上 (FAO, 2022)。牙鯧分佈於西太平洋區，包括韓國、日本、臺灣至南中國海，主要棲息於沿岸及大陸棚砂泥質海域，在天然海域中主要攝食底棲性甲殼類或是其他種類小魚，屬於肉食性魚類 (邵等, 2015)。水試所東部漁業洋生物研究中心於 2014 年起由韓國進口牙鯧魚苗開始培育，並於 2017 年進行繁殖試驗相關研究，2018 年順利取得受精卵進行仔魚量產培育，目前已達成完全養殖之目標 (陳等, 2017；陳等, 2022)。

由於牙鯧屬於溫帶物種，在臺灣已經成功進行繁養殖，因此為了解牙鯧於亞熱帶國家之飼料營養需求將進行試驗以了解最適營養需求，達到節約養殖成本與提高成長率，另外也試驗飼料中脂質含量對牙鯧肉質之影響。

*通訊作者 / 臺東縣知本路二段 291 巷 299 號，TEL: (089) 514-362 轉 111；FAX: (089) 514-366；E-mail: yshuang@mail.tfrin.gov.tw

Table 1 Ingredients and proximate analysis (% DM basis) of the experimental diets for trial one

	Experimental diets				
	CP35	CP40	CP45	CP50	CP60
Ingredients (%)					
Fish meal	48	58	64	71	85.5
Cellulose	33	24	18.5	12	0
α -starch	8	8	8	8	6.5
Fish oil	10	9	8.5	8	7
Premix ¹	1	1	1	1	1
Proximate analysis (% DM)					
Crude protein	35.2	41.7	45.3	50.2	60.5
Crude lipid	11.4	11.1	12.2	12.5	11.7
Ash	5.9	6.3	7.4	8.4	8.8
Moisture	7.8	7.5	7.5	7.6	6.8
Carbohydrate	39.8	33.4	27.6	21.3	12.1
Calculated energy (kcal/100g diet) ²	402	400	426	423	406

¹The premix contained vitamins A, D, E, and K, folic acid, biotin, calcium, magnesium, iron, zinc, and selenium.

²The energy (kcal/g diet) was calculated based on 4 kcal/g for protein, 9 kcal/g for lipid, and 4 kcal/g for carbohydrate.

材料與方法

實驗魚隻來自於東部漁業生物研究中心自行繁殖培育。魚隻使用 12 ton FRP 桶進行培育，採流水養殖，培育水溫為 18 – 22°C，鹽度範圍為 33 – 35 psu，待穩定攝食後，再依據實驗所需體型進行實驗研究。

試驗一、最適蛋白質需求

(一) 試驗條件

使用 450 L 圓形 FRP 桶進行實驗，試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 173.4 ± 1.9 g)。實驗飼料共五組，配方如 Table 1 所示。配方中以魚粉為主要蛋白質來源，分別調整為 35% (CP35)、40% (CP40)、45% (CP45)、50% (CP50) 及 60% (CP60)。每組放養 20 尾，採 3 重複，分組後魚隻待穩定後再開始進行實驗，每日投餵試驗飼料兩次，分別為上午 9:00 – 9:30 及下午 4:00 – 4:30，投餵至飽食為止。實驗時採流水養殖，養殖水溫為 $18 \pm 1^\circ\text{C}$ ，鹽度範圍為 33 – 35 psu，溶氧維持在 5 – 6 ppm 以上，pH 值為 7.9 – 8.6。每週抽除桶槽底部雜質一次，以維持水質穩定。試驗共進行 8 週，每 2 週量測體重與體長。

(二) 試驗飼料配製

試驗用飼料配方如 Table 1 所示，使用紅魚粉作為主要蛋白質來源，配製出蛋白質含量 35.2 – 60.5 %、粗脂肪含量 11.5 – 12.5% 之 5 組飼料。將各種飼料原料均勻混合後，加水約原料重量的 20 – 25%，攪拌均勻後經 5 mm 直徑孔徑的擠粒機成長條狀，送入鼓風式乾燥機，經 60°C，18 小時乾燥製成，以 -20°C 冰箱保存，以供日後餵食及飼料分析之用。

(三) 分析方法

1. 試驗飼料成分分析

試驗飼料委託公司 Eurofins Food Testing Taiwan, Ltd. 進行檢驗分析，包括粗灰分 (CNS 5034)、粗蛋白質 (CNS 5035) 及粗脂肪 (CNS 5036)。

2. 成長資料分析

- 增重率 (weight gain, WG, %) = $[(\text{final weight} - \text{initial weight}) / \text{initial weight}] \times 100$
- 特殊成長率 (specific growth rate, SGR, % day⁻¹) = $\ln(\text{final weight}/\text{initial weight})/\text{days} \times 100$
- 實驗數據先以單因子變異數檢定分析 (One -

Table 2 Ingredients and proximate analysis (% DM basis) of the experimental diets for trial two and three

	Experimental diets			
	F5	F10	F15	F20
Ingredients (%)				
Fish meal	71	71	71	71
Cellulose	19.5	14.5	9	4
α -starch	8	8	8	8
Fish oil	0.5	5.5	11	16
Premix ¹	1	1	1	1
Proximate analysis (% DM)				
Crude protein	51.0	51.3	51.4	51.2
Crude lipid	4.3	9.9	16.8	21.4
Ash	12.2	11.0	10.2	9.4
Moisture	5.0	5.7	4.0	5.0
Carbohydrate	27.5	22.1	17.7	13.0
Calculated energy (kcal/100g diet) ²	353	383	427	449

¹The premix contained vitamins A, D, E, and K, folic acid, biotin, calcium, magnesium, iron, zinc, and selenium.

²The energy (kcal/g diet) was calculated based on 4 kcal/g for protein, 9 kcal/g for lipid, and 4 kcal/g for carbohydrate.

way ANOVA)，若其平均值之間有差異 ($p < 0.05$)，再以 Sheffe 法做事後檢定，比較各處理組差異之顯著性。

- D. 最適蛋白質需求：由各試驗組別魚隻增重率以多項式迴歸 (Broken-line regression analysis) 分析統計求得牙鯨最適蛋白質需求量 (Ostertagova, 2012)。

試驗二、最適脂質需求

(一) 試驗條件

使用 450 L 圓形 FRP 桶進行實驗，試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 334.5 ± 9.2 g)。實驗飼料共四組，配方如 Table 2 所示。配方中以魚油為主要脂質來源，分別調整為 5% (F5)、10% (F10)、15% (F15) 及 20% (F20)。每組放養 20 尾，採 3 重複，每日投餵試驗飼料兩次，分別為上午 9:00 – 9:30 及下午 4:00 – 4:30，投餵至飽食為止。每週抽除桶槽底部雜質一次，以維持水質穩定。試驗共進行 8 週，每 2 週量測體重與體長。

(二) 試驗飼料配製

試驗用飼料配方如 Table 2 所示，使用魚油做為主要脂質來源，配製出蛋白質含量 51.0 –

51.4%、粗脂肪含量 4.3 – 21.4% 之 5 組飼料。將各種飼料原料均勻混合後，加水約原料重量的 20 – 25%，攪拌均勻後經 5 mm 直徑孔徑的擠粒機成長條狀，送入鼓風式乾燥機，經 60°C，18 小時乾燥製成，以 -20°C 冰箱保存，以供日後餵食及飼料分析之用。

(三) 分析方法

試驗飼料分析及成長資料統計分析同試驗一。

試驗三、脂質含量對牙鯨肉質影響

(一) 試驗條件

使用 450 L 圓形 FRP 桶進行實驗，試驗魚隻隨機分組 (初始平均體重 $1,048.0 \pm 24.9$ g)。試驗飼料共四組，配方如 Table 2 所示。配方中以魚油為主要脂質來源，分別調整為 5% (F5)、10% (F10)、15% (F15) 及 20% (F20)。每組放養 5 尾，採 3 重複，每日投餵試驗飼料兩次，分別為上午 9:00 – 9:30 及下午 4:00 – 4:30，投餵至飽食為止。每週抽除桶槽底部雜質一次，以維持水質穩定。試驗共進行 8 週，每 2 週量測體重與體長。

Table 3 Growth performance results of trial one for the olive flounder fed with the experimental diets

Diets	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)	SGR (% day ⁻¹)	Survival rate (%)
CP35	172.50±3.54	329.20±1.90 ^c	90.84±2.81 ^c	1.15±0.03 ^c	100
CP40	172.55±1.34	334.20±3.68 ^{bc}	93.68±0.62 ^{bc}	1.18±0.01 ^{bc}	100
CP45	172.46±1.33	338.50±1.41 ^b	96.28±0.70 ^{ab}	1.20±0.01 ^{ab}	100
CP50	174.12±0.87	345.15±3.32 ^a	98.23±0.92 ^a	1.22±0.01 ^a	100
CP60	175.38±1.38	343.69±2.21 ^a	95.97±0.28 ^{ab}	1.20±0.02 ^{ab}	100

Values (means of triplicate SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different ($p > 0.05$).

(二) 試驗飼料配製

使用試驗二之飼料。

(三) 魚肉物性分析

試驗結束後分別取下有眼側 (eyed side) 及盲側 (blind side) 魚肉委託檢驗公司 (精湛檢驗科技股份有限公司), 使用物性測試儀 (TA.XT plus C, SMS) 進行分析。將生魚肉 (樣品於冷凍庫取出後, 置於室溫水浴下退冰 30 分鐘) 與煮熟後魚肉樣品 (樣品於 $85 \pm 2^\circ\text{C}$ 熱水浴中煮 90 秒, 煮熟後取出放入 $5 \pm 2^\circ\text{C}$ 冰水浴中輕輕攪拌冷卻 10 秒, 避免繼續熟化並確保測試溫度的一致性) 進行壓縮試驗 (將樣品使用直徑 5 mm 球型探頭 (P/5S) 進行壓縮試驗, 以不破壞樣品結構的前提下對樣品進行蠕變壓縮, 得到硬度及彈性數值)。硬度 (g): 下壓 3 mm 處之力值; 彈性(%): 鬆弛力 (F2) 與下壓 3 mm 處力值 (F1) 之比值。

結 果

試驗一、最適蛋白質需求

飼養 8 週後各項成長數據如 Table 3 所示。各組平均體重由初始的 172.46 – 175.38 g 增加到 329.20 – 345.15g, 增重率為 90.84 – 98.23%, 特殊成長率為 1.15 – 1.22% day⁻¹。統計分析結果顯示, 增重率以 CP50 組別 ($98.23 \pm 0.92\%$) 最高, 但與 CP60 及 CP45 組別無顯著差異; 最低為 CP35 組別 ($90.84 \pm 2.81\%$), 但與 CP40 組別無顯著差異。成長效果各項數據均隨著飼料中蛋白質含量提升而有上升之趨勢; 再以多項式迴歸分析求得牙鯽飼料中蛋白質之最低添加量為 52.8% (Fig. 1)。

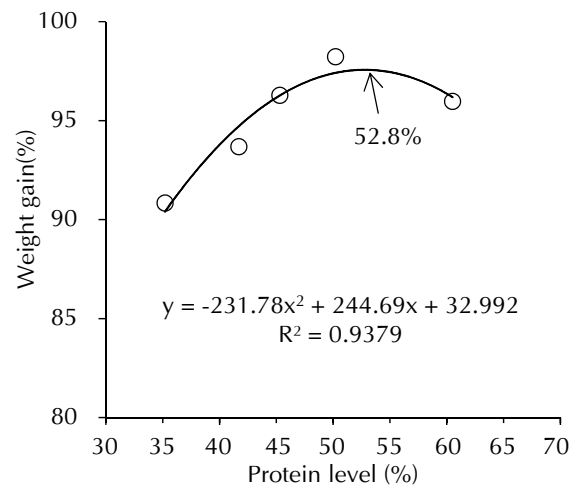


Fig. 1 Polynomial regression between weight gain (y) and the dietary protein level (x) of the olive flounder in trial one.

試驗二、最適脂質需求

飼養 8 週後各項成長數據如 Table 4 所示。各組平均體重由初始的 321.00 – 344.42 g 增加到 384.58 – 431.58 g, 增重率為 16.04 – 34.45%, 特殊成長率為 0.27 – 0.53%。統計分析結果顯示, 增重率以 F15 組別 ($34.45 \pm 1.00\%$) 最高; 最低為 F5 組別 ($16.04 \pm 0.85\%$)。成長效果各項數據均隨著飼料中脂質含量提升而有上升之趨勢; 再以多項式迴歸分析求得牙鯽飼料中脂質之最適添加量為 15.7% (Fig. 2)。

試驗三、脂質含量對牙鯽肉質影響

飼料中不同脂質含量對牙鯽成長及肉質影響試驗中, 調整飼料中的魚油添加量, 使各組脂質含量分別為 5、10、15 及 20%, 經飼養 8 週後成長各項數據如 Table 5 所示。各組平均體重由初始的

Table 4 Growth performance results of trial two for the olive flounder fed with the experimental diets

Diets	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)	SGR (% day ⁻¹)	Survival rate (%)
F5	331.42±1.30	384.58±1.30 ^c	16.04±0.85 ^c	0.27±0.01 ^c	100
F10	344.42±1.30	427.05±2.90 ^a	23.99±1.31 ^b	0.38±0.02 ^b	100
F15	321.00±1.41	431.58±1.30 ^a	34.45±1.00 ^a	0.53±0.01 ^a	100
F20	337.08±0.59	415.75±1.06 ^b	23.34±0.10 ^b	0.37±0.00 ^b	100

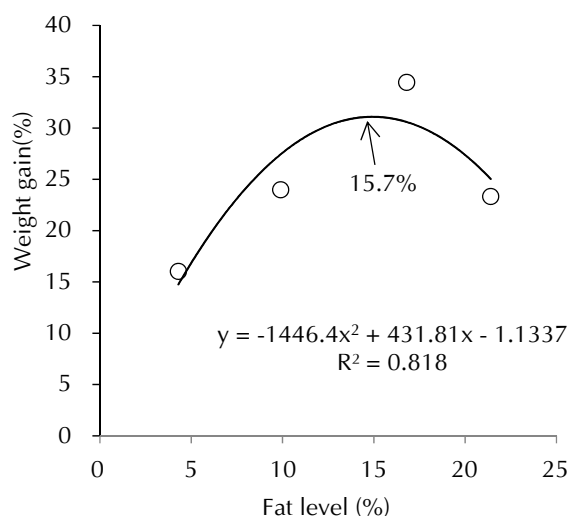
Values (means of triplicate SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different ($p > 0.05$).

Table 5 Growth performance results of trial three for the olive flounder fed with the experimental diets

Diets	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (%)	SGR (% day ⁻¹)	Survival rate (%)
F5	1034.83±33.93	1052.33±30.99 ^b	1.70±0.34 ^b	0.03±0.01 ^c	100
F10	1072.00±23.35	1106.50±21.23 ^a	3.22±0.94 ^b	0.06±0.02 ^b	100
F15	1056.50±11.37	1121.75±11.77 ^a	6.18±0.26 ^a	0.11±0.00 ^a	100
F20	1026.75±14.63	1069.25±9.55 ^b	4.14±1.11 ^a	0.07±0.02 ^b	100

Values (means of triplicate SE) in the same column sharing the same superscript letter are not significantly different ($p > 0.05$).

1,034.83 – 1,072.00 g 增加到 1,050.33 – 1,121.75 g，增重率為 1.70 – 6.18%，特殊成長率為 0.03 – 0.11%。統計分析結果顯示，末重以 F15 組別 (1,121.75 ± 11.77 g) 最高，但與 F10 組別無顯著差異；最低為 F5 組別 (384.58 ± 1.30 g)，但與 F20 組別無顯著差異。增重率以 F15 組別 (6.18 ± 0.26%) 最高，但與 F20 組別無顯著差異；最低為 F5 組別 (1.70 ± 0.34%)，但與 F10 組別無顯著差異。

**Fig. 2** Polynomial regression between weight gain (y) and the dietary fat level (x) of the olive flounder in trial two.

試驗結束後，取魚肉進行質地分析，魚肉樣品可分為背肉與腹肉分別測定生魚肉與煮熟後之硬度與彈性其結果如 Fig. 3 所示。由 Fig. 3 (A) 可看到背肉部分，其生魚肉硬度會隨著飼料中油脂含量上升而硬度提高，但是經煮熟後蛋白質變性，質地相反。Fig. 3 (B) 背肉彈性部分生魚肉彈性以 F5 組別最高，但與 F20 組別無差異，經煮熟後彈性會隨著飼料中油脂含量上升而彈性增加。Fig. 3 (C) 生魚腹肉硬度以 F20 組別最高，但與 F10 組別無差異；熟腹肉彈性以 F5 組別最高，但與 F10 及 F15 組別無差異。Fig. 3 (D) 腹肉彈性部分，生魚腹肉以 F15 組別高於其他組別。

討 論

在所有生物體中其蛋白質是生命維持之關鍵 (NRC, 2011)。在不同環境下魚類需要蛋白質來維持生長、繁殖和適應生存環境，因此當飼料中蛋白質含量不足時會導致成長不佳和活存率降低 (Wilson and Halver, 1986)。牙鯢屬於肉食性魚類，在天然海域中主要攝食有鯉魚、竹筴魚、鮪和鰈魚等幼魚，營養需求屬於高蛋白質與中低脂質之魚類 (張等, 1998)。因此對飼料中蛋白質的需求須大於 50%；脂質需求為 10% 左右 (張等, 2005)。本

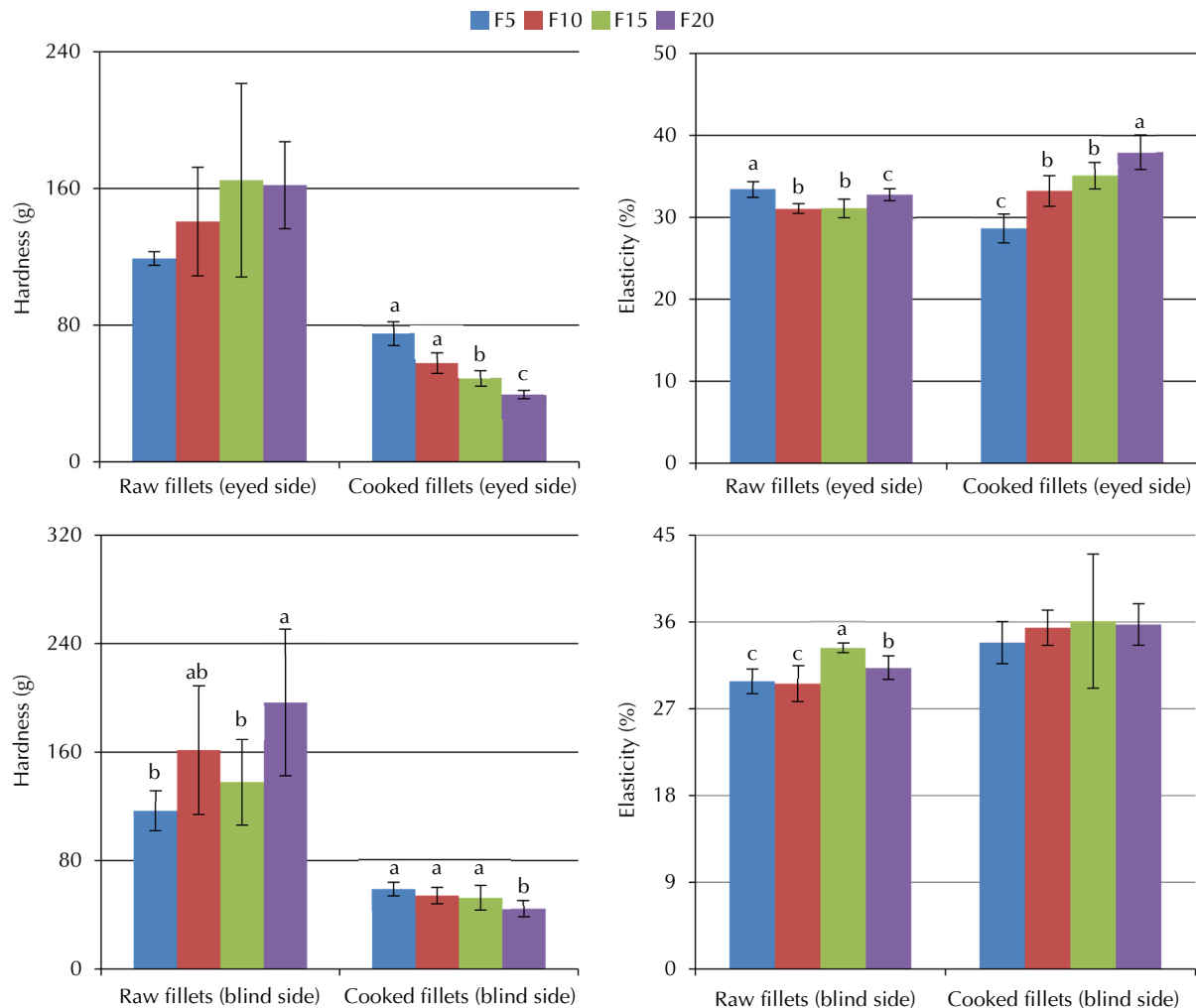


Fig. 3 Texture analysis results of the olive flounder.

試驗研究結果顯示，牙鯇最適粗蛋白需求量为 52.8%，與 Kim *et al.* (2002) 研究中顯示，4 g 牙鯇最適粗蛋白質需求量为 $51.2 \pm 1.8\%$ 結果相似。另外，Kim *et al.* (2017) 研究也顯示牙鯇最適粗蛋白需求量为 50.1%。Lee *et al.* (2000) 使用 3 種不同含量蛋白飼料（粗蛋白分別為 30，40 及 50%）餵食牙鯇，魚體重量會增加隨著飼料中蛋白質含量上升而增加，在飼餵含 50% 蛋白質飼料的魚體重增加效果最佳。Webster *et al.* (2001) 報告中指出水產養殖過程中飼料支出佔總營運成本約 30 – 70%，且百分比可以隨著養殖集約化程度的提高而增加，因此最適蛋白質比例添加除有助於達魚類最佳成長外，也可節約養殖成本。

飼料中脂質最主要的功能為提供生物能量以節約蛋白質使用，另外脂質也是構成細胞膜的主要成分，功能主要為提供魚體細胞膜的完整性並維持

正常生長、繁殖和活存 (Watanabe, 1982)。當飼料中脂質含量不足時會導致魚體利用蛋白質作為能源利用，而增加氮排泄，導致水質惡化，引起對魚有害之影響。另一方面，Lee and Kim (2005) 研究中顯示飼料中過多脂質含量會導致魚類攝食量減少，進而影響其成長效應。本試驗結果顯示，牙鯇飼料中脂質之最適添加量为 15.7%。在郝和賈 (2002) 研究報告中指出牙鯇稚魚對飼料中脂質的需求量至少為 8 – 15%。另外，在 Regost *et al.* (2001) 使用大菱鯃 (*Scophthalmus maximus*) 進行試驗中顯示，當投餵含油脂 10、15、20 及 25% 飼料後，以投餵油脂含量 10 及 15% 飼料成長最佳，在飼餵高脂肪飼料（粗脂肪含量 20 及 25%）之大菱鯃並沒有觀察到脂質對蛋白質的節約作用，此試驗結果與本實驗相同。

飼料中的脂質除提供魚類營養需求外，也影響

魚體品質 (鄧等, 2011)。Sheehan *et al.* (1996) 研究報告將鮭魚 (*Salmo salar*) 在投餵不同含量的脂質飼料 (21, 25 和 30%) 後, 顯示投為含 30% 脂質飼料飼料其魚肉之脂質含量顯著高於其他兩組另外各組之間的魚肉質地、和顏色具有顯著差異。Gjedrem (1997) 研究中也指出, 飼料中高油脂含量會累積至魚體並改變魚肉品質。本試驗研究結果發現測試生魚肉, 其硬度隨著飼料中油脂含量上升而提高, 但是經煮熟後因蛋白質變性, 質地相反。在大菱鯡研究中也指出, 當飼料中粗脂肪含量越高, 其魚體肌肉的緊密度越低 (Regost *et al.*, 2001)。另外, Regost *et al.* (2001) 研究中也指出生熟魚片亮度明顯受到飼料油脂含量影響, 且餵食高油脂飼料黃色值明顯提高。未來可以繼續探討飼料中不同油脂來源及含量影響牙鯡肉質風味及色澤。

謝 辭

本研究經費由農業部水產試驗所 109 農科-9.3.3-水-A1 (5) 計畫項下支助。計畫執行期間承蒙東部漁業生物研究中心同仁協助, 使本研究可順利完成, 在此一併致謝。

參考文獻

- 邵廣昭, 張睿昇, 鄭明修, 塗子萱, 邱郁文, 何瓊紋, 陳天任, 何平合, 莊守正, 趙世民, 林沛立 (2015) 臺灣常見經濟性水產動植物圖鑑. 行政院農業委員會漁業署編印, 499 pp.
- 郝玉江, 賈艷菊 (2002) 牙鯡配合飼料研究進展. 飼料世界, (3): 37-38.
- 陳四清, 劉東朴 (2008) 鯡鰈鰻. 海水安全優質養殖技術叢書, 山東科學技術出版社, 中國.
- 陳玉萍, 陳鏗元, 劉恩良, 何源興 (2017) 牙鯡的誘導產卵及幼苗發育. 水產研究, 25(2): 43-53.
- 陳玉萍, 黃侑勛, 蔡明恆, 陳重元, 何源興 (2022) 養殖體型、密度、光照及底質對牙鯡 (*Paralichthys olivaceus*) 成長影響研究. 水產研究, 30(1): 59-67.
- 張岩, 王琛, 陳四清, 張鑫磊, 于東祥 (2005) 牙鯡的營養需求研究與飼料應用. 海洋科學, 29(9): 92-96.
- 張輝, 王雅斌, 王維娜, 王安利 (1998) 牙鯡營養研究進展. 河北大學學報: 自然科學版, 51: 88-90.
- 鄧士邱, 段青源, 申屠基康 (2011) 飼料脂質對養殖魚類品質的影響. 水產科學, 30(5): 301-306.
- 錢雪橋, 崔奕波, 解綬啟, 薛敏 (2002) 養殖魚類飼料

- 蛋白需要量的研究進展. 水產生物學報, 26(4): 410-416.
- 劉富光 (2008) 魚類飼料的營養問題與研發策略(上). 水試專訊, 21: 21-25.
- 臺灣魚類資料庫 (2013) <http://fishdb.sinica.edu.tw>
- Bowyer, J. N., J. G. Qin and D. A. Stone (2013) Protein, lipid and energy requirements of cultured marine fish in cold, temperate and warm water. *Rev. Aquac.*, 5(1): 10-32.
- Cai, L. S., L. Wang, K. Song, K. L. Lu, C. X. Zhang and S. Rahimnejad (2020) Evaluation of protein requirement of spotted seabass (*Lateolabrax maculatus*) under two temperatures, and the liver transcriptome response to thermal stress. *Aquaculture*, 516: 734615.
- DeLong, D. C., J. E. Halver and E. T. Mertz (1958) Nutrition of salmonoid fishes: VI. Protein requirements of Chinook salmon at two water temperatures. *J. Nutr.*, 65(4): 589-599.
- FAO (2022) *Paralichthys olivaceus* Temminck & Schlegel, 1846. Fisheries and Aquaculture Division, FAO, Rome <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3350/en>
- Gjedrem, T. (1997) Flesh quality improvement in fish through breeding. *Aquac. Int.*, 5(3): 197-206.
- Hamidoghli, A., S. Won, S. Lee, N. W. Farris and S. C. Bai (2020). Nutrition and feeding of olive flounder *Paralichthys olivaceus*: A Review. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, 28(3): 340-357.
- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai (2002) Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquac. Res.*, 33(9): 673-679.
- Kim, K. W., K. D. Kim, H. S. Han, S. Won, M. Moniruzzaman, J. H. Lee, Y. H. Choi and S. C. Bai (2017) Evaluation of the dietary protein requirement of a selectively bred (F-5 generation) strain of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Turkish J. Fish. Aqua. Sci.*, 17(5): 1009-1016.
- Lee, S. M. and K. D. Kim (2005) Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquac. Nutr.*, 11(6): 435-442.
- Lee, S. M., S. H. Cho and K. D. Kim (2000) Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquac. Soc.*, 31(3): 306-315.
- National Research Council (2011) Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press,

- Washington (<https://doi.org/10.17226/13039>).
- Ostertagova, E. (2012) Modelling using polynomial regression. *Procedia Eng.*, 48: 500-506.
- Regost, C., J. Arzel, M. Cardinal, J. Robin, M. Laroche and S. J. Kaushik (2001) Dietary lipid level, hepatic lipogenesis and flesh quality in turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 193(3-4): 291-309.
- Sheehan, E. M., T. P. O'connor, P. J. A. Sheehy, D. J. Buckley and R. FitzGerald (1996) Effect of dietary fat intake on the quality of raw and smoked salmon. *Irish J. Agricul. Food Res.*, 37-42.
- Watanabe, T. (1982) Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Hysiology, Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1): 3-15.
- Webster, C. D., K. R. Thompson, A. M. Morgan, E. J. Grisby and S. Dasgupta (2001) Feeding frequency affects growth, not fillet composition, of juvenile sunshine bass *Morone chrysops* × *M. saxatilis* grown in cages. *J. World Aquac. Soc.*, 32(1): 79-88.
- Wilson, R. P. and J. E. Halver (1986) Protein and amino acid requirements of fishes. *Annu. Rev. Nutr.*, 6(1): 225-244.

Effects of the Protein and Lipid Content in Feed on the Growth and Meat Quality of the Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*)

Yu-Ping Chen, You-Syu Huang*, Ming-Heng Tsai and Yuan-Shing Ho

Eastern Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Paralichthys olivaceus is a temperate fish species. Using polynomial regression, we investigated the impact of the dietary protein and lipid content on the flesh quality of *Paralichthys olivaceus* to understand the nutritional requirements of the fish for cultivation in subtropical countries. The optimal protein content in the feed was 52.8% for an initial fish weight of 173.4 ± 1.9 g in the first trial. The optimal lipid supplementation in the feed was 15.7% for an initial fish weight of 334.5 ± 9.2 g in the second trial. In the third trial, *Paralichthys olivaceus* with an initial average weight of 1048.0 ± 24.9 g were used to investigate the effects of different dietary lipid contents administered for 8 weeks on their growth performance and flesh quality. The analysis of the fish's eyed side muscle revealed that the hardness of the flesh increased with an increase in the lipid content of the feed. However, when the flesh was cooked, protein denaturation resulted in the opposite effect. Moreover, the cooked fish flesh showed an increase in elasticity with an increase in the lipid content of the feed. The hardness trend of the fish's blind side muscle mirrored that of the eyed side muscle. In addition, raw flesh from fish administered a feed with 15% lipid exhibited the highest elasticity.

Key words: *Paralichthys olivaceus*, protein, fat, flesh quality

*Correspondence: No. 299, Ln. 291, Sec. 2, Zhiben Rd., Taitung County, Taiwan. TEL: (089) 514-362 ext.111; FAX: (089) 514-366; E-mail: yshuang@mail.tfrin.gov.tw