

比較兩種浮性飼料對日本鰻之成長與肉質的影響

楊順德¹·董聰彥¹·周瑞良^{2*}·藍惠玲³·陳冠如¹·白志年¹·劉富光¹·陳紫嫻²

¹行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

²行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

³行政院農業委員會水產試驗所水產加工組

摘要

本研究以營養功能強化之浮性試驗飼料養殖鰻魚，並以市售浮性飼料為參考飼料，比較二者對鰻魚成長、魚體成分組成、官能品評及肉質之影響。實驗為兩個處理組，每一處理組兩重複，每重複放養 200 尾平均體重 82.8 g 之鰻魚在室內水泥池中，進行 5 個月的養殖試驗。結果發現兩種浮性飼料對於鰻魚成長、飼料轉換率與體形態指標無顯著影響；鰻魚體表色差分析 L^* 值與 b^* 值亦不受飼料處理影響，但投餵試驗飼料之鰻魚其 a^* 值明顯較低，有偏綠的趨勢；另外，試驗飼料組的魚肉保水力優於參考飼料組。雖然兩飼料組帶皮魚肉的一般成分組成差距不大，但試驗飼料組的脂肪含量高於參考飼料組，而試驗飼料組魚肉 18:2n-6 比例顯著高於參考飼料組，但 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA) 和 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA) 則無顯著差異。試驗飼料組的甘胺酸 (glycine)、丙胺酸 (alanine)、絲胺酸 (serine)、麩胺酸 (glutamic acid) 和脯胺酸 (proline) 含量顯著高於參考飼料組；官能品評試驗結果發現試驗飼料組的質地、風味和整體接受度顯著優於參考飼料組。本研究結果顯示，可透過改善浮性飼料配方以提高鰻魚的體色、魚肉保水力及官能風味。

關鍵詞：日本鰻、浮性飼料、肉質

前言

自從 1970 年代養鰻業開始蓬勃發展以來，鰻魚一直是台灣重要的養殖魚種，在全盛時期的產量曾高達 6.2 萬噸 (劉, 2006)，雖然最近的年產量僅剩 1.9 萬噸，但其產值將近 62 億新台幣，仍居水產養殖種類之冠 (漁業署, 2010)。

台灣鰻魚主要以活鰻或加工鰻的方式外銷日本，但由於生產成本偏高、水土資源超限使用、國際強大競爭壓力、市場開拓不易及品質衛生安全的潛在危機等問題，使得鰻魚外銷在量的方面無法回復到以往的全盛光景；不過，如能提昇品質保有台灣養鰻業的競爭優勢，仍有助產業發展與永續經營 (劉, 2006)。由於鰻魚養殖完全依靠人

工飼料，其成本約佔總養殖成本的 40% 左右，故飼料的質與量直接影響養鰻的成效 (郭, 1994)；再者，飼料配方組成也影響養殖魚類的肉質表現、營養成分、屠宰率及冷藏變化等，間接影響消費者的食慾與健康 (Jobling, 2004; Espe, 2008)。

目前台灣業者大都以粉狀飼料或浮性飼料養殖鰻魚。使用粉狀飼料需加水調製成糰狀，除費時費工外，投餵時由於鰻魚爭食，糰狀飼料容易散開造成水質及底質污染而需加強換水，換水量是浮性飼料的三至五倍 (吳, 1995)。若以浮性飼料養殖鰻魚，不但方便使用且水質較易控制，餌料係數較粉狀飼料佳，養成的產品體型較平均，顯著降低「鰻尾」所佔比率 (大倉, 1988; 吳, 1995)。但是近幾年來，部分養殖鰻魚的品質有下降趨勢，使用浮性飼料被懷疑是重要原因之一，而相關研究指出，以這兩種飼料養成的鰻魚品質確有差異，使用粉狀飼料者在肉質及體表呈色皆較浮性飼料佳 (於, 2005; 沈, 2007)。然而，由於台灣

* 通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號, TEL: +886-8-8324121; FAX: +886-8-8320234; E-mail: rlchou@mail.tfrin.gov.tw

養殖戶年齡老化而人力不足，或是從企業化經營養鰻場的觀點而言，投餵浮性飼料將可大幅減少人力支出與降低養殖成本。再者，即便是使用粉狀飼料，由於近年來魚粉價格日益攀高，品質波動很大，使得飼料配方需盡量壓低魚粉的使用量，並以其他蛋白源取代魚粉，這也可能影響養殖魚的品質 (Hardy, 2008)。因此，為探討影響養殖鰻魚肉質的因素，以做為改善鰻魚飼料的參考，及提昇台灣鰻魚的品質與產業競爭力。本文初步比較水產試驗所研發之浮性試驗飼料與一般市售浮性飼料，對於養殖鰻魚的成長、成分組成、官能品評與肉質之影響。

材料與方法

一、試驗飼料

以市售的浮性鰻魚飼料為參考飼料組，本所研發之浮性試驗飼料為試驗組 (Table 1)。試驗飼料係以優質智利紅魚粉為主蛋白源，並添加水解蛋白之胜肽製品與強化營養添加劑，以改進養殖後期的產品品質為主要重點；另外，並添加市售黃豆油以節約魚油成本。試驗飼料由東港生技研究中心以半商業化雙軸膨發造粒機製粒，所製成之浮性飼料粒徑為 2.3 mm。兩種浮性飼料之一般成分組成、脂肪酸組成及胺基酸組成分析結果如 Table 2 所示。

二、試驗魚與成長試驗

試驗用鰻魚係購自彰化地區私人養殖場，其平均體重 82.8 ± 48.8 g、平均體長 38.6 ± 8.1 cm，將鰻魚隨機分配至 4 口室內試驗水泥池 ($4 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 水深)，每池放養 200 尾。在試驗過程中採少量流水養殖，流水量約 150 L/h。每日檢驗溶氧量、酸鹼值等水質項目，養殖期間水溫在 $22.5 \sim 29.0$ °C，pH 值維持在 6.9~7.8 之間，而溶氧則在 7 ppm 以上，水質狀況良好。試驗共進行 5 個月，每日投餵量依池鰻攝餌情形酌量增加，以接近於飽食方式投餵，每個月秤重一次，藉以瞭解池鰻健康情形，並做為修正投餵量的依據。

Table 1 Ingredient and proximate compositions of the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) for cultured eel

	CM	FRI
Fish meal	-	51.74
Soy bean meal	-	9.41
Wheat flour	-	23.52
Hydrolyzed proteins	-	2.54
Vitamin mixture	-	0.42
Mineral mixture	-	1.46
Soy bean oil	-	3.76
Fish oil	-	2.82
Other additives	-	4.33
Analyzed proximate composition (%)		
Moisture	7.01	4.53
Crude protein	45.93	46.94
Lipid	11.19	12.26
Ash	11.58	12.82

三、養成鰻之體表色差檢測

養殖試驗結束後，撈捕各池所有鰻魚，測量其體長與體重，再由每池各選取上市體型 (200 ~ 250 g) 之鰻魚 10 尾加以冰鎮麻醉，以背開方式去除頭部、內臟與脊骨後，測定鰻魚體表色度。體表色度的檢測係參考田中等 (1995) 的方法，利用手提式色差儀 (Minolta, CR300) 檢測，以每尾鰻魚肛門後方約 5 cm 處為測點，分別在魚體兩側之側線上方與下方及腹部白底檢測色差值。色差值之 L^* 值表亮度、 a^* 值的正值表紅色度、負值表綠色度及 b^* 值的正值表黃色度、負值表藍色度，儀器以標準白板校正。

四、魚肉汁液流失試驗

色差檢測完後，將試驗鰻魚以背開方式自頭端至尾端沿背鰭一切為二，其中一半切為前、中、後三段，以防水真空袋在超低溫環境下 (-80 °C) 保存 24 h，再移至一般冷凍庫 (-20 °C) 中放置 7 天，之後分別取三段肉各約 10 g，依照 Yang *et al.* (2009) 的方法進行魚肉汁液流失試驗。將切取之各部位鰻魚肉塊，置於墊敷三層 8×8 cm 網格狀

Table 2 Amino acid and fatty acid profiles of the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) for cultured eel

Amino acid (%)	CM	FRI	Fatty acid (%)	CM	FRI
Arginine	2.29	2.46	14:0	0.71	0.40
Histidine	1.00	0.95	16:0	2.17	1.91
Isoleucine	1.46	1.54	16:1n-7	0.92	0.49
Leucine	2.97	2.75	18:0	0.48	0.58
Lysine	2.87	2.55	18:1n-9	2.37	2.70
Methionine	0.91	0.82	18:2n-6	0.74	3.48
Phenylalanine	1.52	1.54	18:3n-3	1.12	0.82
Threonine	1.54	1.50	18:3n-6	0.02	0.02
Valine	2.10	1.87	18:4n-3	0.21	0.12
Cystine	0.42	0.45	20:0	0.03	0.04
Tyrosine	1.23	1.26	20:1n-9	0.33	0.18
Glycine	2.32	2.63	20:2n-6	0.06	0.06
Glutamic acid	6.00	6.00	20:3n-6	0.01	0.02
Alanine	2.49	2.27	20:3n-3	0.04	0.02
Serine	1.48	1.50	20:4n-6	0.10	0.07
Aspartic acid	3.54	3.42	20:4n-3	0.06	0.06
Proline	1.63	2.09	20:5n-3	1.15	0.83
			22:0	0.02	0.03
			22:5n-3	0.17	0.18
			22:6n-3	0.99	0.80

吸水紙的鋁皿上，加蓋後放入 4 °C 冷藏室，24 小時後移除魚肉再以 105 °C 烘乾 60 分鐘。汁液流失的計算式如下：

$$\text{水分流失率 (water loss, \%)} = 100 \times (\text{Wb} - \text{Wc}) / \text{S}$$

$$\text{油脂流失率 (lipid loss, \%)} = 100 \times (\text{Wc} - \text{Wa}) / \text{S}$$

其中魚肉重量為 S、鋁皿連同吸水紙的初重為 Wa、移除魚肉後的重量為 Wb、烘乾後的重量為 Wc。

五、試驗鰻魚之化學成分分析

取上述經背開之另一半鰻魚樣本，將魚肉以均質機均質後，測其成分組成。飼料與魚肉（帶皮）之水分與灰分含量依標準方法分析 (AOAC, 1998)，粗蛋白質以 Kjeltac semiautoanalyzer model 2100 快速蛋白質蒸餾裝置配合 semi-microkjedahl 法分析 (Foss Tecator, Sweden)，脂質則以氯仿與甲醇萃取與量測 (Folch *et al.*, 1957)。魚肉脂肪酸組成

與游離胺基酸組成係委由食品工業發展研究所化驗，分別依氣相層析法與 CNS12632 法分析之。

六、官能品評試驗與統計分析

將池鰻停餌 3 天後，每池隨機採樣取上市體型之鰻魚 (200 ~ 250 g)，以活魚運輸袋送往台北市的鰻魚料理店，將試驗鰻魚以白燒 (roasted) 與蒲燒 (seasoned) 兩種方式料理，再進行官能品評試驗。品評員共 16 人，均為水產界先進，對水產品料理具有一定的認知與瞭解，品評項目分為色澤 (color)、質地 (texture)、風味 (taste) 及整體接受度 (overall acceptability) 等四項，評分方式為 9 分制；1 分表示極不喜歡、5 分表示普通、9 分表示最喜歡 (Meilgarrrd *et al.*, 1999)。

試驗數據均利用 SAS/PC 軟體 (version 8.02, SAS Institute, USA) 以 Student's paired t-test 檢測兩種飼料間是否有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Table 3 Growth, feed utilization and body indices of the cultured eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) for five months

	CM	FRI	P values
Final weight (g)	192.34 ± 103.7	194.23 ± 100.7	0.3754
Weight gain (%) ¹	109.51 ± 22.22	117.10 ± 3.15	0.6794
Feed intake (g/fish)	190.83 ± 8.42	185.21 ± 2.04	0.4559
Feed conversion ratio ²	1.65 ± 0.05	1.60 ± 0.04	0.2771
Survival (%)	90.2	92.5	0.7432
Condition factor ³	1.41 ± 0.34	1.41 ± 0.37	1.0000
Viscerosomatic index (%) ⁴	4.62 ± 1.21	4.54 ± 1.44	0.9230
Hepatosomatic index (%) ⁵	1.29 ± 0.16	1.21 ± 0.33	0.4357

¹ Weight gain / initial weight × 100.

² Dry feed intake / weight gain.

³ Wet body weight × 1000 / (total body length)³.

⁴ Viscera weight / fish wet weight × 100.

⁵ Liver weight / fish wet weight × 100.

結果與討論

一、試驗飼料與參考飼料之成分比較

試驗飼料與參考飼料的一般成分組成相近 (Table 1)，兩種飼料的粗蛋白質與脂肪含量分別約為乾物重的 49% 與 12%。在胺基酸組成方面，兩種飼料的必需胺基酸含量符合或超過推薦量 (Satoh, 2002)，但甲硫胺酸 (methionine) 含量均低於 1.2% 的建議量，這是由於在飼料樣品以鹽酸水解前，未對含硫胺基酸以過甲酸衍生處理，以致低估甲硫胺酸和胱胺酸 (cystine) 的含量 (Spindler *et al.*, 1984)，若以一般水解方式低估 10~20% 的含硫胺基酸計算，則試驗飼料和參考飼料的甲硫胺酸應在 1.0% 左右，再加上胱胺酸含量，應足以供應鰻魚成長所需之含硫胺基酸 (Satoh, 2002)。在脂肪酸組成方面，試驗飼料之 18:2n-6 明顯高於參考飼料，而 18:3n-3、20:5n-3 (EPA) 和 22:6n-3 (DHA) 則低於參考飼料，這是由於為降低飼料成本，在試驗飼料中添加黃豆油取代部分魚油所致，但試驗飼料所含 18:2n-6 和 18:3n-3 的比例已可滿足鰻魚成長所需各 0.5% 的需求量 (Satoh, 2002)。

二、成長試驗結果與魚體形態解剖

經過五個月的養殖期間，投餵不同飼料之鰻

魚其成長、飼料轉換率及體形態指標如 Table 3 所示，試驗組與參考組鰻魚在成長率、攝食量及飼料轉換率均無顯著差異。大倉 (1988) 比較浮性飼料與粉狀飼料對鰻魚成長的影響，發現二者無明顯的差別，但餵飼粉料的池鰻體型參差較大，邱 (2002) 也得到類似的結果，且餵飼浮料者的飼料轉換率略優於餵粉料者。沈 (2007) 發現餵飼粉料之鰻魚，其肝體比與肥滿度較攝食浮料者高，本試驗的鰻魚肥滿度、臟體比和肝體比並未因餵飼不同浮性飼料而有顯著差別，但在數值上，餵飼試驗飼料者的臟體比和肝體比略小於餵飼參考飼料者。

三、養成鰻之體表色差檢測

體表色澤是外銷活鰻重要的品質參考標準，日本的消費市場認為鰻魚以腹部白底分布寬廣、背側呈藍色系且界線分明者為上級品，其次為黑色系，最差者為茶色系，一般產品的色澤大多介於藍色到黑色 (矢野原與齊藤, 1985; 西尾, 1996)，這是因為在經驗上藍色系的表皮較為柔軟且口感較佳，茶色系表皮通常較生硬而口感較差 (大中, 1993)。以色差儀測定試驗鰻魚外觀 L^* 、 a^* 、 b^* 值之結果如 Table 4 所示，在不同部位不論亮度 (L^* 值) 或黃藍度 (b^* 值) 都不受所投餵飼料之影響，但在側線上下兩側的紅綠度 (a^* 值) 則顯示投餵試驗飼料之鰻魚較為偏向綠色。大中 (1993)

Table 4 Skin color (determined as chromaticity values L^* , a^* , b^*) of the cultured eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) (n=10)

	CM	FRI	P values
Above lateral line:			
L^*	31.63 ± 1.05	31.05 ± 0.38	0.5382
a^*	-1.72 ± 0.06	-3.06 ± 0.42	0.0473 [†]
b^*	2.24 ± 0.79	2.35 ± 0.80	0.9071
Below lateral line:			
L^*	50.10 ± 1.75	48.42 ± 1.05	0.3642
a^*	-2.80 ± 0.21	-4.00 ± 0.25	0.0349 [†]
b^*	9.44 ± 1.80	9.20 ± 1.24	0.8909
Abdominal area:			
L^*	84.61 ± 0.66	83.52 ± 0.48	0.2003
a^*	-7.04 ± 0.52	-7.81 ± 0.59	0.3027
b^*	6.35 ± 0.54	7.31 ± 0.57	0.2276

L^* (lightness) axis – 0 is black, 100 is white.

a^* (red-green) axis – positive values are red; negative values are green.

b^* (yellow-blue) axis – positive values are yellow; negative values are blue.

[†]Significant differences determined by t-test.

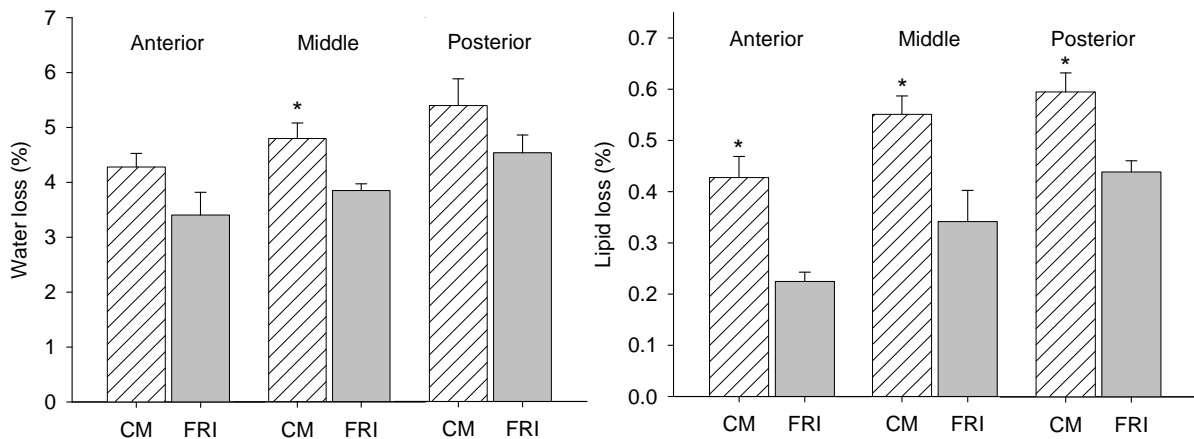


Fig. 1 Post-thaw drip from different fillet portion of the cultured eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI). An asterisk above each bar chart pair indicates statistical significance (determined by t-test, n=10).

在探討由外觀判斷鰻魚品質時認為可以參考 b^* 值，沈 (2007) 也建議 L^* 值與 b^* 值可作為判斷鰻魚色澤之指標，但本試驗中無法得到類似結果。田中等 (1995) 指出體表色度值和鰻肉的軟硬度可能有所關聯，但 a^* 值或 b^* 值偏低的個體卻未必都會有柔軟的肉質，因此體表呈色的機制與決定肉質的軟硬似乎沒有直接相關；而且，鰻魚體表的色澤還容易受到養殖環境等非生物性因素的影響 (大中, 1993; 田中等, 1995)。另一方面，本試驗也發現，鰻魚體表色度在側線以上和側線以下有所不同，側線下比側線上的 L^* 值高，顯示

側線下的亮度增加，而側線上的區域較暗；另外，側線下的 b^* 值遠大於側線上，此一結果顯示往側線下方有逐漸偏黃的趨勢。

四、魚肉汁液流失試驗

鰻肉解凍後的汁液流失試驗顯示，愈往尾段的汁液流失比例愈高，而不論是水分流失或油脂流失，在不同部位的參考飼料鰻都高於試驗飼料鰻，且各部位的油脂流失均有顯著差異 (Fig. 1)。汁液流失與魚肉的保水性 (water holding capacity)

Table 5 Proximate composition of dressed eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) (n=10)

(%)	CM	FRI	P values
Moisture	63.00 ± 0.15	61.34 ± 0.83	0.1078
Crude protein	17.29 ± 0.21	17.52 ± 0.24	0.4032
Lipid	17.89 ± 0.33	19.55 ± 1.00	0.1561
Ash	1.49 ± 0.06	1.43 ± 0.08	0.5397

有關，是量測肉品物性重要而有用的工具，但有關飼料因素對養殖魚肉汁液流失或保水性的研究並不多 (Olsson *et al.*, 2006)。魚肉汁液流失是肌蛋白因自解、受熱、冷凍或微生物等因素，使得肌纖維變形和潰解，水分、水溶性蛋白及油脂則從組織中流出 (Hyldig and Nielsen, 2001; Kong *et al.*, 2007)，因而減少汁液流失以增進魚肉保水性有助於肉質的維持。雖然魚肉因冷凍解凍或受熱所造成的汁液流失機制不盡相同，但本試驗發現解凍後汁液流失可做為鰻魚肉質表現的指標。這可能和肌肉細胞的抗氧化程度有關，例如當非洲鯰以含氧化油的飼料時，魚肉解凍後的汁液流失顯著變多，增加飼料中的抗氧化物質則有明顯改善 (Baker, 1997)，而 Yang *et al.* (2009) 也發現在飼料中添加肉鹼 (L-carnitine) 以增加抗氧化力，可提高吳郭魚肉片的保水力。在本試驗的後續研究中也發現，以加強抗氧化物質 (如維生素 C 與 E) 之試驗飼料餵飼鰻魚，結果顯示魚肉的硫代巴比妥酸 (thiobarbituric acid, TBA) 值較參考飼料組者低 (未發表)。矢野原與齊藤 (1985) 認為在飼料中加強抗氧化的維生素 E、與脂肪代謝相關的膽鹼、肌醇等水溶性維生素，可改善鰻魚在白燒時魚肉收縮的比例，且魚肉厚度與皮的質地也較對照組佳。邱 (1995) 發現鰻魚肉的保水力不佳，容易因表面燒烤之加熱處理而降低水分，故如以飼料改善魚肉的保水力，將有助於提昇養殖鰻魚的加工製成率。

五、鰻肉之一般成分組成

投餵不同飼料之兩種鰻魚，魚肉的一般成分並無顯著差異，但脂質含量在數值上以投餵試驗飼料鰻多出參考飼料鰻約 1.7%，水分含量則呈相

反趨勢 (Table 5)。鰻魚屬於會在肌肉蓄積油脂的魚種，除了在真皮層中存有脂肪層而使魚皮含不少的脂肪外 (山田與中村, 1964)，在肌細胞的細胞膜與肌原纖維間、以及各肌原纖維間隙均會蓄積脂質 (小沢與林, 1999)，而魚體脂質的分布與蓄積會影響到養殖魚的肉質表現 (Rasmussen, 2001; Jobling, 2004)；尤以可食部脂肪含量是養殖鰻魚重要的品質指標，鰻魚肉需含有適量的脂肪才會有較佳的口感與風味，且對燒烤魚肉從外觀、肉質等品質影響也非常大 (田中等, 1995; 吳, 1995; 西尾, 1996)。因此，飼料添加油脂除具有蛋白質節約效果、提高飼料效率外 (Satoh, 2002)，更是影響鰻魚肉含油量的重要因素 (田中等, 1995; García-Gallego and Akharbach, 1998)。在台灣，一般粉狀飼料需額外添加 3-12% 的油脂 (吳, 1995)，而本次試驗所使用的兩種浮料之油脂含量約為 12%，尚在合理的油脂比例範圍；但是若再提高飼料油脂含量，是否對鰻魚的肉質更具改善效果，則待進一步探討。

六、鰻肉之脂肪酸組成

以兩種浮料養殖鰻魚至上市體型，其魚肉的脂肪酸組成如 Table 6 所示，是以 16:0、16:1n-7 和 18:1n-9 為主要脂肪酸，其次是 18:2n-6、20:1n-9、EPA、22:5n-3 及 DHA，這和其他種類的養殖鰻魚一樣，如歐洲鰻、美洲鰻及澳洲短鰭鰻等 (Degani and Gallagher, 1995; De Silva *et al.*, 1997)。飼料的脂肪酸組成通常會影響魚體的脂肪酸組成 (Rasmussen, 2001; Jobling, 2004)，在鰻魚的研究也有類似情形，歐洲鰻飼料中添加富含飽和脂肪酸的椰子油，結果鰻肉的飽和脂肪酸與 n-6 多元不飽和脂肪酸 (n-6 polyunsaturated fatty acids,

Table 6 Fatty acid composition (% of total fatty acids) of dressed eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) (n=10)

Fatty acid	CM	FRI	P values
14:0	4.68 ± 0.31	4.00 ± 0.28	0.1451
16:0	20.80 ± 0.35	19.95 ± 0.83	0.3111
16:1n-7	7.55 ± 0.62	6.29 ± 0.28	0.1210
18:0	4.02 ± 0.11	4.00 ± 0.11	0.8760
18:1n-9	37.57 ± 0.52	35.94 ± 1.34	0.2509
18:2n-6	5.75 ± 1.10	11.86 ± 1.32	0.0373 [†]
18:3n-3	2.90 ± 0.17	2.66 ± 0.40	0.5133
18:3n-6	0.20 ± 0.07	0.34 ± 0.03	0.1216
18:4n-3	0.33 ± 0.05	0.37 ± 0.05	0.5039
20:0	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.00	0.4226
20:1n-9	1.94 ± 0.05	1.35 ± 0.11	0.0216 [†]
20:2n-6	0.48 ± 0.13	0.60 ± 0.07	0.3640
20:3n-6	0.32 ± 0.10	0.52 ± 0.08	0.1599
20:3n-3	0.13 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.1056
20:4n-6	0.62 ± 0.04	0.67 ± 0.02	0.2285
20:4n-3	0.75 ± 0.02	0.69 ± 0.03	0.1588
20:5n-3	3.64 ± 0.42	2.91 ± 0.40	0.2177
22:0	0.09 ± 0.02	0.06 ± 0.00	0.1448
22:5n-3	2.18 ± 0.06	2.06 ± 0.05	0.1430
22:6n-3	5.46 ± 0.37	5.04 ± 0.24	0.3090
Saturated	29.71 ± 0.53	28.14 ± 1.22	0.2378
Monounsaturated	47.05 ± 1.20	43.58 ± 0.93	0.0839
PUFA	22.64 ± 1.74	27.72 ± 0.33	0.0558
n-3 HUFA	12.16 ± 0.86	10.84 ± 0.71	0.2359
n-6	7.26 ± 2.83	13.85 ± 1.50	0.1002
n-3	15.38 ± 1.08	13.86 ± 1.17	0.3092
n-3/n-6	2.53 ± 0.80	1.05 ± 0.22	0.1274

[†]Significant differences determined by t-test.

n-6 PUFA) 比例提高，但 n-3 高度不飽和脂肪酸 (n-3 highly unsaturated fatty acids, n-3 HUFA) 與單元不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acids) 則明顯減少 (Agradi *et al.*, 1995)。本研究由於試驗飼料添加黃豆油以節省魚油成本，因此以其飼養的鰻魚肉 18:2n-6 比例顯著高於參考飼料鰻，故 n-6 PUFA 偏高，而 n-3/n-6 的比值反而低於參考飼料鰻 (Table 6)。有趣的是，雖然試驗飼料所含的 EPA 和 DHA 均低於參考飼料 (Table 2)，但以試驗飼料或參考飼料所飼養的鰻魚，魚肉中 EPA 和 DHA

的含量並無顯著差異 (Table 6)，可能是鰻魚肉能蓄積的 EPA 和 DHA 有一定限度所致，Luzzana *et al.* (2003) 也認為不同飼料油脂來源對歐洲鰻的魚肉脂肪酸組成影響有限，以牛油取代飼料中一半的魚油添加量並未使鰻肉的 EPA 和 DHA 有太大的變化；亦即，對於調控鰻魚肉的脂肪酸組成而言，必需連帶考量魚體對脂肪酸的合成、碳鏈加長和去飽和化的能力 (Kissil *et al.*, 1987; Gnoni and Mucci, 1990)。

Table 7 Free amino acids and carnosine (mg/100g) of dressed eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) (n=10)

Amino acid	CM	FRI	P values
Phosphoserine	0.94 ± 0.11	0.77 ± 0.00	0.1675
Taurine	29.95 ± 0.21	29.96 ± 0.37	0.9766
Urea	5.31 ± 0.28	5.61 ± 0.79	0.6640
Aspartic acid	1.28 ± 0.22	1.25 ± 0.08	0.8942
Threonine	4.05 ± 0.33	4.56 ± 0.47	0.3388
Serine	1.93 ± 0.06	2.20 ± 0.06	0.0412 [†]
Asparagine	0.75 ± 0.06	1.87 ± 0.39	0.0567
Glutamic acid	7.40 ± 0.49	10.95 ± 0.53	0.0200 [†]
α-Aminoadipic acid	0.65 ± 0.19	0.75 ± 0.23	0.6852
Glycine	12.69 ± 0.90	19.69 ± 1.65	0.0343 [†]
Alanine	7.82 ± 0.03	9.67 ± 0.20	0.0058 [†]
Citrulline	0.67 ± 0.14	0.71 ± 0.11	0.8058
α-Aminobutyric acid	0.26 ± 0.02	0.32 ± 0.06	0.2675
Valine	2.54 ± 0.52	3.00 ± 0.18	0.3900
Methionine	1.93 ± 0.04	2.10 ± 0.08	0.1065
Cystathionine	0.86 ± 0.11	1.03 ± 0.11	0.2718
Isoleucine	1.44 ± 0.11	1.78 ± 0.17	0.1316
Leucine	2.39 ± 0.06	2.80 ± 0.43	0.3186
Tyrosine	2.03 ± 0.04	2.62 ± 0.03	0.0037 [†]
Phenylalanine	1.79 ± 0.01	2.13 ± 0.22	0.1637
β-Alanine	8.70 ± 1.29	8.85 ± 1.37	0.9205
γ-Aminobutyric acid	0.45 ± 0.06	0.50 ± 0.08	0.5762
Tryptophan	0.49 ± 0.04	0.63 ± 0.04	0.0809
Ethanolamine	0.96 ± 0.08	0.84 ± 0.04	0.2078
Ornithine	2.11 ± 0.06	2.43 ± 0.51	0.4702
Lysine	11.20 ± 0.92	11.34 ± 1.90	0.9337
Histidine	28.20 ± 4.41	27.58 ± 4.53	0.9024
Arginine	4.87 ± 0.94	6.45 ± 1.86	0.3935
Hydroxyproline	1.83 ± 0.09	2.36 ± 0.62	0.3521
Proline	4.01 ± 0.35	8.61 ± 0.79	0.0172 [†]
Total	136.54 ± 8.42	160.31 ± 1.00	0.0581
Carnosine	319.20 ± 34.87	328.68 ± 17.18	0.7630

[†]Significant differences determined by t-test.

七、鰻肉之游離胺基酸組成

鰻肉的游離胺基酸組成以牛磺酸 (taurine)、甘胺酸 (glycine)、丙胺酸 (alanine)、離胺酸 (lysine) 及組胺酸 (histidine) 為主 (Table 7)，約佔總游離胺基酸的 65% 以上，這與藤田 (1988)、田中等 (1995)、邱 (1995) 及沈 (2007) 之研究結果一

致。田中等 (1995) 指出養殖鰻魚的游離胺基酸組成不因季節而變動，但上級品的甘胺酸含量明顯高於下級品，本試驗餵飼試驗飼料之鰻肉其甘胺酸含量也顯著高於餵飼參考飼料之鰻肉。除甘胺酸外，丙胺酸、絲胺酸 (serine) 及蘇胺酸 (threonine) 等也是具甜味的胺基酸 (山口與渡辺, 1988)，在試驗飼料鰻的丙胺酸和絲胺酸含量顯著

Table 8 Sensory analyses of cultured eel fed with the reference pellets (CM) and the experimental pellets (FRI) (n=16)

	CM	FRI	P values
Roasted			
Color	6.88 ± 1.09	7.50 ± 0.97	0.0960
Texture	6.88 ± 1.09	8.00 ± 0.82	0.0024 [†]
Taste	7.19 ± 1.05	7.88 ± 0.81	0.0460 [†]
Overall acceptability	6.94 ± 1.06	7.94 ± 1.00	0.0101 [†]
Seasoned			
Color	7.00 ± 1.32	7.50 ± 1.21	0.2724
Texture	6.63 ± 1.26	7.69 ± 1.08	0.0156 [†]
Taste	6.82 ± 1.38	7.63 ± 1.09	0.0739
Overall acceptability	6.82 ± 1.38	7.63 ± 1.15	0.0798

[†]Significant differences determined by t-test.

較參考飼料鰻高，顯示以試驗飼料飼養的鰻魚甜味較佳；陳 (2004) 則發現優質鰻魚肉的甘胺酸含量明顯多於劣質鰻。在其他呈味胺基酸方面，鰻肉中具有鮮味的麩胺酸 (glutamic acid) 和苦中帶有甘味的脯胺酸 (proline)，也顯著以試驗飼料之鰻肉較高，其脯胺酸的含量甚至是參考飼料鰻的二倍之多 (Table 7)。試驗飼料之鰻肉的呈味效果較參考飼料鰻佳的原因，可能是試驗飼料添加水解蛋白因而含有不少的游離胺基酸和胜肽，可提高魚肉風味與肉質所致 (Neklyudov *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2009)。綜合本試驗及前人的研究結果，飼料因素對鰻肉的呈味胺基酸似乎有一定程度的影響，優質鰻肉的某些呈味胺基酸含量會有較高的趨勢。

八、兩種鰻魚的官能品評試驗結果

比較兩種不同浮性飼料養殖鰻魚對官能品評之影響如 Table 8 所示，不論是白燒或蒲燒，評分員對兩種鰻魚各品評項目的評分皆在 6 分以上，且品評結果大致與前述各項分析檢測值吻合。例如，從白燒鰻的外觀色澤上不易辨別試驗組與對照組鰻魚的差異，而由色差儀的檢測值大致也有類似的結果 (Table 4)；另外，已知魚肉官能品評的質地、嫩度、風味、甚至是多汁性等特性容易受到油脂的影響 (Rasmussen, 2001)，本研究中白燒鰻的質地、風味及整體接受度均顯著以試驗飼料鰻為佳，這亦可由試驗飼料鰻肉的油脂略高於

參考飼料鰻 (Table 5)，且魚肉的呈味胺基酸含量也顯著較高而得到驗證 (Table 7)。在蒲燒鰻部分，魚肉的質地仍以試驗飼料之鰻肉顯著較佳，但在風味上，由於醬汁的調味以致多種呈味胺基酸含量增多 (邱, 1995)，而不易以品評方式辨別出差異。

本研究結果顯示，投餵浮性飼料的鰻魚肉質，可因不同的飼料配方與品質而受到明顯的影響，而本所試驗研發之浮性飼料使用優質魚粉，並添加水解蛋白之胜肽製品與強化營養添加劑，所養殖之鰻魚在一般成分與投餵參考飼料者無顯著差異，且其 EPA 與 DHA 含量並未因飼料以黃豆油部分取代魚油而有顯著差別。再者，投餵試驗飼料之鰻肉的汁液流失率明顯低於參考飼料鰻，某些呈味胺基酸的含量則顯著高於餵飼參考飼料者，且官能品評結果也優於參考飼料之鰻魚。

謝 辭

本研究為行政院農業委員會科技計畫執行成果，計畫編號 97 農科-15.2.2-水-A2(4)。感謝淡水繁養殖研究中心鹿港本部暨竹北試驗場同仁，在本計畫執行期間提供協助。承蒙澎湖科技大學校長蕭泉源博士、台灣海洋大學水產養殖系副教授劉擎華博士及本所水產加工組吳組長純衡，提供個人經驗與寶貴意見；台灣區鰻魚發展基金會與京都屋鰻料理協助官能品評試驗的進行，謹此一併敬致謝忱。

參考文獻

- 沈佩穎 (2007) 飼料類型對養殖鰻魚 (*Anguilla japonicus*) 成長期間化學組成與品質之影響. 國立臺灣海洋大學食品科學系碩士學位論文, 97 pp.
- 邱思魁 (1995) 調製鰻加工中鰻魚肉含氮萃取物成分之變化. 台灣營養學會誌, 20: 59-71.
- 邱謝聰 (2002) 鰻魚攝食粒狀浮性飼料與糰狀飼料成長及消化道蛋白酶活性之比較. 國立臺灣海洋大學食品科學系博士學位論文, 95 pp.
- 於敬桓 (2005) 粒狀與粉狀飼料養殖鰻魚之品質差異及區分指標. 國立臺灣海洋大學食品科學系碩士學位論文, 116 pp.
- 吳純衡 (1995) 提高日本鰻存活率之給飼建議. 農業委員會漁業特刊, 52: 53-58.
- 郭河 (1994) 養鰻透視. 水產出版社, 基隆, 232 pp.
- 陳威全 (2004) 養殖鰻魚品質指標與簡易判定方法之探討. 國立臺灣海洋大學食品科學系碩士學位論文, 110 pp.
- 漁業署 (2010) 中華民國 98 年台閩地區漁業統計年報. 行政院農業委員會漁業署. (<http://www.fa.gov.tw/userfiles/FA%20fish%20yearbook2009.pdf>)
- 劉富光 (2006) 台灣鰻魚養殖的過去、現況與展望. 鰻魚養殖之健康管理. 水產試驗所特刊, 8: 7-12.
- 大中澄美子 (1993) ウナギの品質特性把握試験. 養殖, 通卷 361: 109-113.
- 大倉正 (1988) 養鰻用浮餌と練餌における飼育成績、飼育環境および作業性におよぼす影響について. 埼玉水試研報, 47: 65-68.
- 山口勝己, 渡辺勝子 (1988) 魚介肉の味とエキス成分. 魚介類のエキス成分, 恒星社厚生閣, 日本, 104-115.
- 山田充阿彌, 中村節子 (1964) 魚肉の組織化学的研究 -I. 主要食用魚肉における脂質の存在状態. 東海水研報, 39: 21-28.
- 小沢貴和, 林征一 (1999) ウナギ筋肉中の脂質の由来. ウナギの科学, 恒星社厚生閣, 日本, 79-82.
- 矢野原良民, 斉藤雷太 (1985) ウナギの肉質改善へのアプローチ. 養殖, 通卷 266: 58-61.
- 田中健二, 中川武芳, 大岡宗弘, 徳倉富夫, 田中勝祐, 瀬古幸郎 (1995) 養殖ニホンウナギにおける品質特性の季節変動. 水産増殖, 43: 499-509.
- 西尾和民 (1996) ウナギ養殖現場における品質問題を考える. 養殖, 通卷 414: 76-78.
- 藤田真夫 (1988) 脊椎動物の含窒素化合物. 魚介類のエキス成分, 恒星社厚生閣, 日本, 25-43.
- Agradi, E., L. Bonomi, E. Rigamonti, M. Liguori and P. Bronzi (1995) The effect of dietary lipids on tissue lipids and ammonia excretion in European eels (*Anguilla anguilla*). Comp. Biochem. Physiol., 111A: 445-451.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1998). Official Methods of Analysis of the AOAC International, 16th edition, Washington, D.C.
- Baker, R. T. M. (1997) The effect of α -tocopherol and oxidised lipid on post-thaw drip from catfish muscle. Anim. Feed Sci. Tech., 65: 35-43.
- Degani, G. and M. L. Gallagher (1995) Growth and nutrition of eels. Laser Pages Publishing Ltd., Jerusalem, Israel, 119 pp.
- De Silva, S. S., R. M. Gunasekera, R. Collins, B. A. Ingram and C. M. Austin (1997) Changes in the fatty acid profile of the Australian shortfin eel in relation to development. J. Fish Biol., 50: 992-998.
- Espe, M. (2008) Understanding factors affecting flesh quality in farmed fish. In Improving farmed fish quality and safety (Ø Lie ed.), CRC Press, New York, USA, 241-264.
- Folch, J., M. Lees, and G. H. Stanely (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226: 497-509.
- García-Gallego, M. and H. Akharbach (1998) Evolution of body composition of European eels during their growth phase in a fish farm, with special emphasis on the lipid component. Aquacult. Int., 6: 345-356.
- Gnoni, G. V. and M. R. Mucci (1990) De novo fatty acid synthesis in eel-liver cytosol. Comp. Biochem. Physiol., 95B: 153-158.
- Hardy, R.W. (2008) Farmed fish diet requirements for the next decade and implication for global availability of nutrients. In Alternative Protein Sources in Aquaculture Diets (C. Lim, C. W. Webster and C. S. Lee eds.), The Haworth Press, New York, 1-15.
- Hyldig, G. and D. Nielsen (2001) A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. J. Texture Stud., 32: 219-241.
- Jobling, M. (2004). On-growing to market size. In Culture of Cold-water Marine Fish (E. Moksness, E. Kjørsvik and Y. Olsen eds.), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 363-432.
- Kissil, G. W., A. Youngston and C. B. Cowey (1987) Capacity of the European eel (*Anguilla anguilla*) to elongate and desaturate dietary linoleic acid. J. Nutr., 117: 1379-1384.
- Kong, F., J. Tang, B. Rasco and C. Crapo (2007) Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. J. Food Eng., 83: 510-520.

- Li, P., K. S. Mai, J. Trushenski and G. Wu (2009) New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37:43-53.
- Luzzana, U., M. Scolari, B. Campo Dall'Orto, F. Caprino, G. Turchini, E. Orban, F. Sinesio and F. Valfrè (2003) Growth and product quality of European eel (*Anguilla anguilla*) as affected by dietary protein and lipid sources. *J. Appl. Ichthyol.*, 19: 74-78.
- Meilgaard, M., G. Vance Civille and B. T. Carr (1999) Sensory evaluation techniques (3rd ed.). CRC Press Inc., New York, 387 pp.
- Neklyudov, A. D., A. N. Ivankin and A. V. Berdutina (2000) Properties and uses of protein hydrolysates (review). *Appl. Biochem. Microbiol.*, 36: 452-459.
- Olsson, G. B., B. Gundersen and M. Esaiassen (2006) Pre-slaughter starvation of farmed Atlantic cod fed vegetable proteins: effects on quality parameters. *In* *Seafood Research from Fish to Dish* (J. B. Luten, C. Jacobsen, K. Bekaert, A. Sæbø and J. Oehlenschläger eds.), Wageningen Academic Press, The Netherlands, 139-147.
- Otwell, W.S. and L.W. Rickards (1981) Cultured and wild American eels, *Anguilla rostrata*: fat content and fatty acid composition. *Aquaculture*, 26: 67-76.
- Rasmussen, R. S. (2001) Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquacult. Res.*, 32:767-786.
- Satoh, S. (2002) Eel, *Anguilla* spp. *In* *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture* (C.D. Webster and C. Lim eds.), CAB International, 319-326.
- Spindler, M., R. Stadler and H. Tanner (1984) Amino acid analysis of feedstuffs: Determination of methionine and cystine after oxidation with performic acid and hydrolysis. *J. Agric. Food Chem.*, 32: 1366-1371.
- Yang, S. D., Y. C. Wen, C. H. Liou and F. G. Liu (2009) Influence of dietary L-carnitine on growth, biological traits, and meat quality in tilapia. *Aquacult. Res.*, 40: 1374-1382.

Comparison of the Effects of Two Floating Pellets on the Growth and Meat Quality of Japanese Eel (*Anguilla japonica*)

Shuenn-Der Yang¹, Tsong-Yen Tung¹, Ruey-Ling Chou^{2*}, Hwei-Ling Lan³,
Guan-Ru Chen¹, Jyh-Nain Pai¹, Fu-Guang Liu¹ and Tzyy-Ing Chen²

¹Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

²Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

³Seafood Technology Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the effects of two types of floating pellets, e.g. nutrition-enhanced experimental diet and commercial pellets as a reference diet, on the growth, chemical composition, sensory evaluation and meat quality of cultured eel. Replicates of 200 eel with a mean body weight of 82.8 g were raised in indoor concrete tanks for five months. The growth performance, feed conversion ratio and body indices were not significantly affected by dietary treatments. The results of colorimetry measurements showed that no significant differences in L^* and b^* values were found for both dietary treatments, while the a^* value was remarkably reduced on the eel fed with the experimental diet. The post-thaw drip from muscle was significantly reduced in the experimental diet group, which implied that the water holding capacity of the eel muscle was improved by feeding the experimental diet. Although the proximate composition of dressed eel was not affected by diets, the lipid content of the experimental diet group was numerically higher than that of the reference diet group. Meanwhile, the percentage of 18:2n-6 was higher in the eel fed the experimental diet, but no significant differences in 20:5n-3 (EPA) and 22:6n-3 (DHA) were observed on both dietary treatments. There were higher concentrations of glycine, alanine, serine, glutamic acid and proline in the muscle of the eel fed with the experimental diet than those fed with the reference diet. The results of sensory evaluation indicated that the texture, taste and overall acceptability of roasted eel fed with the experimental diet were superior to those fed with the reference diet. The skin color, water holding capacity and sensory evaluation of cultured eel was remarkably improved by feeding the nutrition-enhanced pellets.

Key words: Japanese eel, *Anguilla japonica*, floating pellets, meat quality

*Correspondence: 67, Fongyu St., Tungkang, Pingtung, Taiwan, TEL: +886-8-8324121, FAX: +886-8-8320234; E-mail: rlchou@mail.tfrin.gov.tw