

公 開
 密件、不公開

執行機構（計畫）識別碼：140202F107

行政院農業委員會 95 年度科技計畫研究報告

資訊庫編號：952826

計畫名稱：飼料特性對養殖鰻魚肉質影響之研究（第 1 年/
全程 1 年）

英文名稱：Studies on the effects of dietary characteristics on
eel quality

計畫編號：95 農科—14.2.2—漁—F1(7)

全程計畫期間：95 年 4 月 21 日至 95 年 12 月 31 日

本年計畫期間：95 年 4 月 21 日至 95 年 12 月 31 日

計畫主持人：蕭泉源

執行機關：國立臺灣海洋大學食品科學系

合作機關：農委會水產試驗所水產加工組

目 錄

目 錄	i
中文摘要	ii
英文摘要	iii
一、前言	1
二、材料與方法	2
三、結果與討論	4
四、檢討建議	10
參考文獻	11
附錄	16

中文摘要

採集六種粒狀和三種粉狀鰻魚飼料進行化學組成與品質之分析，九種飼料之一般成分中，以水分(5.9~11.5%)與脂肪(2.8~11.7%)差異較大。兩種飼料之游離胺基酸含量差異不大，以牛磺酸和組胺酸較高，顯示蛋白質來源以紅魚粉為主。生物胺以腐胺、屍胺與組織胺居多，且粒狀飼料較粉狀飼料高。脂肪酸均以 C16:0 與 C18:1 較多，粒狀飼料的單元不飽和脂肪酸較高，而多元不飽和脂肪酸與 n-3 多元不飽和脂肪酸則以粉狀飼料較多。兩種飼料投飼方法養殖鰻魚(*Anguilla japonica*)飼育期間，攝食粉料鰻魚之肥滿度、BMI 指數與肝體比較攝食粒料者高，但隨魚體之成長，差異逐漸縮小，前者肝臟顏色較後者紅。粉料鰻魚之平均水分較粒料鰻魚高，但脂肪較低，脂肪與水分成負相關性。兩種鰻魚之游離胺基酸之組成差異不大，以牛磺酸、甘胺酸、離胺酸、組胺酸、丙胺酸等含量較高，肌肉均含有大量肌肽，而甲肌肽則皆未檢出。兩種鰻魚之 ATP 相關化合物之組成與含量差異亦不大，以肌苷酸、肌苷及次黃嘌呤等居多，且未隨成長而有顯著變化。粒狀養殖鰻體色較黑、粉料養殖者偏藍，前者 L 值低於後者，但 a 與 b 值則較高，官能品評顯示粉料鰻優於粒料鰻。

關鍵詞：鰻魚、魚飼料、成長、品質、化學組成

Abstract

Eel diets including 6 particle-floating (PF) and 3 powder-mixture (PM) feeds were used to evaluate the chemical compositions and quality. There were significant differences in moisture content (5.9-11.5%) and fat content (2.8-11.5%) among 9 kinds of eel diets. The composition and contents of free amino acids (FAA) showed no marked difference between both feeds. They were rich in taruine and histidine indicating the major protein source of eel feeds was brown fish meal. Biogenic amines including putricine, cadaverine and histamine were present in considerable amounts in PM and PF diets. The amounts in the latter were higher than those in the former. The C16:0 and C18:1 were the predominant fatty acids in both diets. PF diet had more monounsaturated fatty acids than PM diet, but had lower ratios of polyunsaturated and n-3 polyunsaturated fatty acids. The condition factor, body mass index, and hepatosomatic index of PM raised eels (*Anguilla japonica*) were higher than those of PF eels. These differences became less with growing time of eels. The liver of PM eels was more reddish than that of PF eels. PM eels had higher moisture content with lower lipid content. The fat content showed a negative correlation with moisture. The composition and contents of FAA showed no marked difference between both eels, and the major FAA were taruine, glycine, lysine, histidine and alanine. Eels were rich in carnosine (β -alanyl-L-histidine), but anserine (β -alanyl-1-methylhistidine) was not detected. The composition and contents of ATP-related compounds showed no marked difference between both eels. IMP, inosine and hypoxanthine were the major compounds, and they showed no significant changes with growing time. The results of color difference measuring indicated PM eels had a higher L value and lower a and b values. Sensory evaluation showed PM eels had higher scores of acceptability than PF eels.

Keywords: Eel , Diet , Growth , Quality , Chemical composition

一、前言

水產品的消費者接受性取決於食品品質的一些屬性(attributes)，重要者包括安全性、營養、風味、質地、色澤、外觀以及加工及貯藏之適用性等，各屬性的相對重要性則因產品種類及其利用而異。養殖水產品的品質評價，主要以外在(體表色調、形態、大小)與內在(肉色、肉質、呈味性及香味)因素來區分，以及其他因素如活魚輸送中的存活率、肌肉脂質中 n3 脂肪酸、呈味之游離胺基酸、核苷酸相關化合物以及其他特殊營養成分之含量等。

鰻魚養殖為成熟產業，繁養殖技術與飼料配方等之探討甚多，但對鰻肉品質之研究卻少。中國大陸鰻魚養殖成本低，但品質較差，因此台灣鰻魚外銷仍保有競爭力，如何持續提升品質是鰻業永續發展之關鍵。飼料對養殖魚體組成與肉質之影響甚大，但飼料特性對鰻魚肉質影響之研究不多，而養殖業者常反映粉狀與粒狀浮性飼料養殖鰻魚品質與價格之認定有落差，故研究如何以客觀品質指標探討兩者之差異有其必要，因此本計畫擬針對粉狀與粒狀飼料化學組成特性與品質之優劣進行分析，以提供飼料廠改進飼料品質之參考，另將選擇兩種投飼方法各一養殖場，由幼魚至成魚，按季採樣分析肥滿度、肝體比、顏色(L、a 及 b 值)、一般成分(水分、蛋白質、脂肪、灰分)、呈味成分(游離胺基酸、核苷酸化合物)、特殊營養素(carnosine、taurine)等，並配合官能檢定評估兩種鰻魚品質之差異及其在成長期間之變化，統計分析各指標之差異與相關性，俾提供養殖與飼料業者參考以生產良質之鰻魚。

二、材料與方法

1、粉狀與粒狀飼料之化學組成特性與品質分析

於飼料廠與養殖場採集粉狀與粒狀浮性飼料 9 種，各別分析其 pH 值、一般成分(水分、粗脂肪、粗蛋白質與灰分)、游離胺基酸(包括 taurine)、dipeptides (carnosine, anserine)、尿素、氨、生物胺(包括組織胺)與脂肪酸，並根據中央標準局 (CNS) 的鰻魚飼料標準作對照，比較不同飼料化學組成之差異與品質之優劣。

2、兩種投飼方法之養殖鰻魚成長期間鰻肉品質之比較

(1) 養殖場選擇與魚體採樣

選擇粉狀與粒狀浮性飼料投飼之鰻魚養殖場，由幼魚至成魚採樣分析魚體體長、體重、肥滿度、BMI 指數、肝重與肝體比。

(2) 一般成分之差異

以 AOAC 方法分析一般成分(水分、蛋白質、脂肪與灰分)含量，並評估一般成分在兩種鰻魚成長期間之差異。

(3) 顏色之差異

以色差儀測定魚體外觀之 L 值(亮度)、a 值(紅色度，綠色度)及 b 值(黃色度，藍色度)等體色客觀判定標準以及官能檢測比較兩種投飼方法鰻魚顏色之差異及其在成長期間之變化。

(4) 呈味與營養成分之比較

分析兩種投飼方法鰻魚之游離胺基酸、核苷酸化合物、taurine 與 carnosine，探討兩種鰻魚在呈味與營養成分方面之差異性，並進行化學成分與水分、肥滿度、魚體大小之統計相關性，以建立適當品質區分指標。

3、分析方法

(1) 肥滿度(Condition factor, K)：魚體重 (g) 除以體長 (尾叉長，cm) 的 3 次方再乘以 1000。

(2) BMI 指數(Body mass index)：魚體重 (kg) 除以體長 (尾叉長，m) 的平方。

(3) 肝體比：肝重 (g) 除以魚體重 (g) 再乘以 100。

- (4)一般成分：依AOAC(1995)方法測定。水分係將樣品於105°C乾燥至恆重；粗蛋白量使用micro-Kjeldahl法，總氮量乘以6.25；粗脂肪則樣品乾燥後，於Soxhlet萃取器以乙醚回流萃取；灰分則以550°C加熱灰化。
- (5)游離胺基酸(free amino acids, FAA)、肌肽、氨及尿素：依照Konosu et al. (1974)方法，使用7% TCA (trichloroacetic acid, 三氯醋酸)萃取FAA，氨及尿素，即取10 g魚肉和20 mL預冷之7% TCA均質2分鐘，經4000 x g 離心20分鐘後，上層液經Toyo二號濾紙過濾，殘渣部分再以20 mL TCA重複上述操作二次，混合之過濾液以TCA定容至100 mL (TCA抽出液)，將40 mL TCA抽出液移至分液漏斗，加入等量乙醚振盪處理除去TCA，如此操作重複五次，最後的水層部分經減壓濃縮(40°C以下)至乾涸，加水定容為25 mL，取1 mL以0.02 N HCl適當稀釋並經0.22 μm濾膜過濾後，再依Shiau et al. (1996)之條件使用Hitachi L-8500 Amino Acid Analyzer分析FAA、肌肽、氨與尿素含量。
- (6)生物胺：採用部份改良之HPLC分析法(Yen and Hsien, 1991)，以上述TCA抽出液樣品經苯甲醯化反應後，利用高速能液相層析儀進行分析。
- (7)ATP相關化合物：以預冷之6%PCA (perchloric acid, 過氯酸)萃取，經0.2 μm濾膜過濾後，利用高效能液相層析 (HPLC) 法分析腺嘌呤核苷三磷酸 (adenosine triphosphate, ATP)、腺嘌呤核苷二磷酸 (adenosine diphosphate, ADP)、腺嘌呤核苷單磷酸 (adenosine monophosphate, AMP)、肌苷酸 (inosine monophosphate, IMP)、肌酸 (inosine, HxR) 及次黃嘌呤 (hypoxanthine, Hx) 等(Shiau et al., 1996)。
- (8)脂肪酸分析：依照Folch et al. (1957) 方法萃取脂質，再依AOAC (1995) 方法來進行脂肪的皂化及脂肪酸的甲脂化，甲脂化之脂肪酸利用氣相層析儀(Shimadzu GC-14A, Kyoto, Japan)分析脂肪酸組成。
- (9)顏色L, a, b值：以手提式色差儀(Juki Co., JP7100F)測定測定魚體外觀之L值(亮度)、a值(“+”代表紅色度，“-”代表綠色度)及b值(“+”代表黃色度，“-”代表藍色度)，儀器以標準白板校正，其 $L = 98.29$ ， $a = -0.01$ ， $b = -0.38$ ，白度(whiteness)則以 $100 - \sqrt{(100 - L)^2 + (a^2 + b^2)}$ 表之。每一處理重複測定5次，求取平均值。

- (10)官能品評 (Sensory evaluation)：將鰻魚剖片、去骨、切片後，經沸水加熱4分鐘後，請本系師生為品評員，進行外觀 (appearance)、彈性 (texture)、風味 (flavor) 與整體接受度 (overall acceptability) 之評分。評分點分為9等制，最高分為9分，表非常喜歡，5分表是普通，1分表示極不喜歡。

4、統計分析

實驗數據以SAS(Statistical Analysis System)套裝GLM(General Linear Model Procedure)軟體作單向變異數分析 (One-way analysis of variance)，並以鄧肯式多變域測驗(Duncan's multiple range test)測定各處理組間之差異，顯著水準定在0.05。

三、結果與討論

(一) 鰻魚飼料之物化分析

1.外觀大小與形態

鰻魚養殖飼料樣品共計九種，由飼料業者與養殖業者提供。六種粒狀(PF)飼料外觀多為圓柱體，係依養殖不同階段與魚體大小製成大小與外形不同之飼料，每顆重量由0.0016 g至0.025 g，而其中編號OI產品，業者表示為養殖幼鰻苗所需，顆粒較其他五種粒狀飼料為小(表一)。三種粉狀(PM)飼料編號為SG、OC與TM，分別以篩網過篩，皆可通過0.25 mm mech。中國國家標準(CNS)規定魚粉一般性狀，外觀為淡黃色、褐色、無異味、無發酵、發霉、結塊、酸敗或氨臭等現象，並能通過1.70mm CNS 386之粉末物質，粉狀鰻魚飼料符合此標準。

2. pH值與氨含量

pH值與氨含量，可作為飼料品質好壞之參考，若pH值低或氨含量偏高，代表飼料品質有變壞之疑慮，表二顯示九種飼料之pH值介於5.45至5.93之間，顯示鰻魚飼料有微酸性，氨含量介於13.35至46.41 mg/100g之間，可能部份產品使用原料鮮度不佳或貯藏不當以致氨含量偏高，其中較為特殊者為SG牌，氨含量僅為

13.35 mg/100g，且pH值也最高，其使用之原料與加工方法可能與其他鰻魚飼料不同。

3.一般成分

水產動物配合飼料為符合CNS標準，其水分含量不超過11%，九種鰻魚飼料中，水分含量為5.93~10.86%，唯EU水分含量微幅超過11%；粗蛋白質含量為44.77~48.41% (表三)，CNS的鰻魚飼料中成鰻不可低於44%，幼鰻與鰻線則不可低於45與47%相符合，其為高蛋白之魚類飼料，類似鱸魚、虹鱒、比目魚及石斑魚等之飼料，但明顯高於虱目魚、尼羅魚與烏魚等之23~25%；而粗脂肪含量則在2.75~11.68%之間，鰻魚飼料在CNS最低需求為3%，其中OC脂肪含量略低於CNS之標準，而飼料顏色之差異為業者在生產飼料時，噴油不均造成。

鰻魚飼料灰分含量介於10.18~14.28% (CNS鰻魚飼料灰分最高不超過17%)，其中以SG產品之灰分最高，碳水化合物為23.63~32.72%，差異亦大，顯示不同業者生產飼料之一般成分，在組成方面亦有所不同。肉食魚類如鯛魚(Boonyaratpalin, 1997)、嘉鱻及青魷(Wilson, 1989) 等需要40~55%的蛋白質；於飼料中添加適量脂質可減少蛋白質消耗，海水魚如嘉鱻(Yone et al., 1971) 與比目魚(Adron et al., 1976) 其最適脂質量為20%，若添加過量脂質則會堆積於內臟及組織中。

4.游離胺基酸

由游離胺基酸可簡單判定飼料的蛋白質來源紅魚粉、白魚粉或大豆粉，表四為PF飼料之游離胺基酸之組成與含量，其中牛磺酸(Taurine, Tau)、組胺酸(Histidine, His)、丙胺酸(Alanine, Ala)、麩胺酸(Glutamic acid, Glu)、纈胺酸(Valine, Val) 與脯胺酸(Proline, Pro) 含量較高，表五顯示PM飼料則以Tau、His與Ala含量較多，兩種飼料中皆以Tau及His含量最豐，PF飼料中Tau與His佔胺基酸總含量的45.22~56.21%，而PM飼料兩者佔總胺基酸含量的48.78~59.59%，兩種飼料之Tau及His含量差異不大，但其中SG之總游離胺基酸含量最低，其Tau與His也較另二種粉狀飼料低，此現象與NH₃相似，可能使用之原料或加工方式有所不同所致。由於飼料魚粉多以紅魚粉為原料，而紅魚粉係以鯧、鯡、鰱與鯉科

魚類等洄游魚類所製成，洄游性魚類富含Tau 與His (Konosu and Yamaguchi, 1982)，由上述結果可知鰻魚飼料蛋白質來源以紅魚粉為主，在九種飼料中，四種未含甲硫胺酸(Methionine, Met)，另外五種的Met含量亦不多，因鰻魚為高經濟養殖水產動物，故以植物蛋白質取代魚粉之情形較少，所以未額外添加植物蛋白質所欠缺之Met，邱(2002)指出海鱺飼料中，部份Met含量甚高，乃業者使用植物蛋白部份替代魚粉而為彌補飼料中營養素之不足而額外添加，Webster et al. (1992) 在美洲河鱸(Ictalurus punctatus) 及Shiau et al. (1987) 在吳郭魚(Oreochromis niloticus × O. aureus) 之飼料中添加甲硫胺酸之黃豆粉取代魚粉飼料，可幫助其成長，效果與添加魚粉者無差異，但未添加者其成長顯著下降。

5. 生物胺

鰻魚飼料生物胺之生成如表六所示，其中以屍胺(Cadverine, Cad)、腐胺(Putrescine, Put) 及組織胺(Histamine, Him) 為主要產物，PF飼料之Put含量為32.58~117.89 mg/100g、Cad含量為14.86~57.93 mg/100g與Him含量為13.41~98.08 mg/100g；PM飼料之Put含量為11.18~51.1mg/100g、Cad含量為5.51~21.93 mg/100g與Him含量15.98~34.15 mg/100g，粒狀飼料之Put、Cad與Him皆明顯高於粉狀飼料。酪胺(tyramine, Tym)、亞精胺(spermidine, Spd) 在粒料與粉料皆只有微量，而胍戊胺(agmatine, Agm) 則只有在OT被檢測出5.84 mg/100g，精胺(spermine, Spm) 的含量為0.91~32.88 mg/100g。兩種飼料中，以PM飼料之Him含量較低，PF飼料則有高達98 mg/100g者，因細菌作用或酵素的脫羧作用而使His生成Him，Him的某些作用會增加酸性胃液之分泌，如Him與Lys結合則形成糜爛素，使養殖魚蛋白質攝取及能量不足，使魚體成長遲緩並代謝不良，Aksnes et al. (1997)報告指出生物胺使飼料利用率降低，造成鮭魚體代謝體蛋白使生長遲緩，而此九種飼料生物胺含量高，可能為原料本身不新鮮、遭微生物酵素分解或是貯存不當造成。離胺酸(Lysine, Lys) 與鳥胺酸(Ornithine, Orn) 是Cad和Put之主要來源(Halasz et al., 1994)，大量Cad和Put產生應與貯藏過程中Lys和Orn含量增加有關，Put、Cad對於甲基轉移酶(histamine methyltransferase, HMT)與二胺氧化酶(Diamine oxidase, DAO) 具有抑制之作用(Bjeldane et al., 1978；Taylor and Lieber,

1979；Hui and Taylor, 1985)，可能增加Him中毒之風險。鰻魚飼料中含高量Put、Cad與Him，對於鰻魚成長之影響，有待進一步探討。

6. 脂肪酸

飼料中添加油脂種類可分為植物油、動物油與水產動物油 (marine oil)，植物油以n-6不飽和脂肪酸為主，動物油則為飽和脂肪酸與單元不飽和脂肪酸為主，而水產動物油則富含n-3多元不飽和脂肪酸，故可由脂肪酸組成判斷所添加油脂種類，九種飼料脂肪酸如表七所示，其中以16:0與18:1含量最多，約31.76~46.05%，而高度不飽和脂肪酸中，EPA與DHA含量為16.76~36.89%，將PM與PF飼料比較，發現前者EPA與DHA總含量約為23.91~36.89%較後者16.76~28.28%高，相反地，後者16:0與18:1總含量為32.39~45.84%之間，高於前者之31.76~39.71%，養殖魚類之必需脂肪酸主要可分為n-3 HUFA、n-3 PUFA & n-3 HUFA、n-6 fatty acid與n-3及n-6 fatty acids混合型等四種，其中PF飼料之PUFA皆略低於粉狀飼料，而MUFA則是前者稍高，若n-3 PUFA含量較低者，可能使鰻魚成長與蛋白質換肉率較低，當n-3/n-6之脂肪酸比例愈低時，會使魚體生長緩慢甚至造成死亡 (Ruyter et al., 2000)。以植物油取代魚油為脂質來源，在餵食大西洋鮭魚 (Grisdale et al., 2002；Gordon et al., 2003；Matthew et al., 2003)、brook charr (Alain et al., 1995) 之實驗顯示魚體內亞麻油酸含量顯著增加，EPA與DHA則顯著較低。海水魚比淡水魚或洄游性魚類需要更多的HUFA，而冷水魚比溫水魚需要更多的n-3系列脂肪酸，雖然植物油含多量的PUFA，但n-3系列的HUFA最佳來源是海水動物的油脂。Ruyter et al. (2000) 指出飼料中以不同比例之脂肪酸 (EPA、DHA混合與只含次亞麻油酸、亞麻油酸者) 餵食大西洋鮭魚後，在個體生長比率 (Specific growth rate, SGR) 以混合者較佳，混合飼料者隨EPA與DHA含量增加，相較其他兩組之SGR無明顯變化，當n-3含量增加時，SGR也隨著提高，但過量則會降低SGR，在死亡率方面，以混合者較次亞麻油酸為低，且當次亞麻油酸在增加才能使死亡率降低。

(二) 兩種投飼方法之養殖鰻魚成長期間鰻肉品質之比較

1. 肥滿度、BMI指數與肝體比

在嘉義東石地區選擇一鰻魚養殖場，利用兩種飼料投飼方法養殖鰻魚，由幼魚至成魚，採樣分析物化性質以評估兩種鰻魚品質之差異及其在成長期間之變化，目前計採樣兩次，分別為由幼鰻飼育四、五與八個月之鰻魚(*Anguilla japonica*)。攝食粉狀飼料(PM)與粒狀浮性飼料(PF)鰻魚之體重、體長肝重與內臟重如表八所示，四月大之PM鰻之肝臟平均重量較PF鰻稍小，但五月大之肝臟則較大，PM鰻魚肝臟顏色較鮮紅，其肥滿度(condition factor)、BMI指數(Body mass index)與肝體比(hepatosomatic index, HSI)如表九所示，由魚體體長與體重換算所得之肥滿度與BMI指數，常被視為魚體肥瘦之指標，PM養殖鰻之平均肥滿度與BMI指數高於PF鰻，可知以粉狀飼料養殖之鰻魚較以粒狀浮性飼料養殖者肥胖。肝體比為肝重與體重之百分比，PM鰻之肝體比相對遠大於PF鰻。PM鰻之肥滿度、BMI與HSI顯著較PF鰻高，但隨魚體之成長，差異逐漸縮小。

2. 一般成分

飼育四、五與八個月之兩種鰻魚之一般成分(水分、蛋白質、脂肪、灰分)平均含量如表十所示，PF鰻魚之平均水分較PM鰻魚高，但前者脂肪卻遠比後者低，蛋白質與灰分則稍高於後者。飼育前五個月之兩種鰻魚，隨成長魚體重量增加，其水分含量有隨之遞減之趨勢，但粗脂肪含量則遞增，但成長至第八月，粗脂肪含量則未明顯增減，而兩種鰻魚水分與粗脂肪含量之增減，呈現負相關性。Chiu and Sun (2002) 指出粉料餵食之養殖鰻較餵食粒料者在胃及腸中消化率較好，且粉料養殖鰻之飼料換肉率高於後者，因此蛋白質含量稍高於後者。

3. 游離胺基酸與肌肽

飼育四、五與八個月之兩種鰻魚之游離胺基酸(FAA)與肌肽成分與含量如表十一和表十二所示，PM鰻與PF鰻之FAA組成差異不大，皆以牛磺酸(Taurine, Tau)、甘胺酸(Glycine, Gly)及離胺酸(Lysine, Lys)、組胺酸(Histidine, His)、丙胺酸(Alanine, Ala)等居多，Tau為含量較為豐富的FAA，兩種鰻魚之FAA總量差異亦不大，隨成長魚體重量增加而有減少趨勢。Tau廣泛存在於魚介類組織中，特別是無脊椎動物的各組織及魚類的

血合肉、內臟等含量更為豐富(坂口, 1988), 具有調節滲透壓(Thurston et al., 1981)、降低膽固醇(Huang et al., 1988)、防止膽結石之形成(Guertin et al., 1993)、抑制神經衝動(Curtis and Walkin, 1965), 且有助於胎兒與嬰兒之發育成長(Sturman, 1993)等功能, 為貓之必需胺基酸(Hayes, 1976), Tau已被衛生署許可作為營養添加劑(衛生署, 1997), 在許多加工食品包括嬰兒奶粉、飲料、機能性食品與寵物飼料中亦有添加。

以胺基酸分析儀檢測肌肽顯示兩種鰻魚肌肉之肌肽(Carnosine, β -alanyl-histidine)含量在成長期間之差異並無規則性(表十一和表十二), PM鰻魚肌肽隨鰻魚成長而增加, 但PF鰻魚則無此現象, 甲肌肽(Anserine, β -alanyl-1-methylhistidine)在兩種鰻中均未被檢出。已知肌肽擔負pH緩衝功能、抗氧化、調節酵素活性、防止細胞老化和改善組織缺氧等生理功能(Snyder, 1980; Margolis and Grillo, 1984; Suyama et al., 1986; Johnson and Hammer, 1989; Boldyrev, 1993; Decker, 1995; Preston et al., 1998)。鰻魚具有多量肌肽, 對於人體而言, 可視為一種良好之營養素, 而肌肽來源, 由本研究得知非直接來自於飼料。

4. ATP相關化合物

飼育四、五與八個月之兩種鰻魚之ATP相關化合物成分與含量如表十三所示, 兩種鰻魚差異不大, 皆以肌苷酸(inosine monophosphate, IMP)、肌苷(inosine, HxR)及次黃嘌呤(hypoxanthine, Hx)為主要化合物, 且未隨成長而變化。魚死亡後體內ATP會經由酵素作用而進行一連串的分解, 其途徑為 $ATP \rightarrow ADP \rightarrow AMP \rightarrow IMP \rightarrow HxR \rightarrow Hx$ (Burt and Simmonds, 1971)。ATP相關化合物之生成及分解速率與魚種、貯存溫度及酵素活性之強弱有關, 在一般魚體中以IMP分解成inosine之速率最慢(Konosu and Yamaguchi, 1982), 因此IMP常有一段累積期, 但最終皆會形成Hx而大量累積。鰻魚被捕捉時劇烈掙扎而消耗大量ATP, 因此死後以IMP、HxR及次黃嘌呤(hypoxanthine, Hx)為主要化合物。魚體在貯藏期間會經由自家消化(autolysis)及微生物作用, 使得IMP經IMP phosphatase分解後產生HxR, 同時HxR亦被nucleoside hydrolase分解成Hx(Uchiyama and Ehira, 1974)。

5. 顏色與官能品評

鰻魚外銷日本體表色澤亦為一重要品質指標，深藍色為最佳，顏色過份深藍而成黑色者則較不受歡迎；若為茶色、褐色、紅色或草綠色其品質為劣等。粒狀養殖鰻體色較黑，但粉料養殖者偏藍，顯示粉料鰻魚體表色澤較受歡迎，由色差儀測定鰻魚外觀之L值(亮度)、a值(紅色度，綠色度)及b值(黃色度，藍色度)，粒狀養殖鰻L值低於粉料鰻魚，但a與b值則較高。經24位品評員，進行鰻肉外觀 (appearance)、彈性 (texture)、風味 (flavor) 與整體接受度 (overall acceptability) 之官能品評評分，結果顯示兩種鰻魚之各指標評分皆在6以上，粉料鰻優於粒料鰻，但無顯著差異。

四、檢討建議

1. 鰻魚粒狀與粉狀飼料規格與化學組成雖符合中國國家標準之規定，但較來自歐洲之飼料差，品質仍待改善。
2. 粒狀飼料品質劣於粉狀飼料，品質改善空間大，而粒狀飼料之生物胺是否影響鰻魚品質亦有待探討。
3. 粒狀飼料養殖鰻魚顏色過份深藍而成黑色，造成品質缺陷，而脂肪較不易蓄積亦是導致品質較差之因。
4. 輔導養殖漁民改以粉狀飼料餵飼鰻魚有其困難之處，因此如何改善粒狀飼料品質與成份則為鰻魚業重要之工作。

参考文献

- Abe, H., 1995. Histidine-related dipeptides: distribution, metabolism, and physiological function. In: Hochachka, P.W., Mommsen, T.P. (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, vol. 4. Metabolic Biochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 309-333.
- Adron, J. W., Blair, A., Cowey, C. B., Shanks, A. M., 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus masimus* L.). *Aquaculture* 7:125-132.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Arai, S. 1985. Contents of ninhydrin reactive substances in various tissues of the eel *Anguilla anguilla*. *Bull. Natl. Inst. Aquaculture* 7: 45-58.
- Boldyrev, A. A. 1993. Does carnosine possess direct antioxidant activity? *Int. J. Biochem.* 25:1101-1107.
- Boonyaratpalin, M., 1997. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. *Aquaculture* 151:283-313.
- Burt, J. R. and Simmonds, C. K. 1971. Hypoxanthine as indicator of freshness in iced cape hake before freezing and after thawing. In "Fish Inspection and Quality Control", Kreuzer, R. Ed., 196. Fishing News Book, London.
- Burton, R. F. 1978. Intracellular buffering. *Respir. Physiol.* 33:51-58.
- Chasovnikova, L. V., Formazyuk, V. E., Sergienko, V. I., Boldyrev, A. A. and Severin, S. E. 1990. The antioxidative properties of carnosine and other drugs. *Biochem. Int.* 20:1097-1103.

- Choi, J. H., Thim, C. H., Choi, Y. J., Byun, D. S., Kim, C. M. and Oh, S. K. 1986. Comparative study on protein and amino acid composition of wild and cultured eel. *Bull. Korean Fish. Soc.* 19:60-66.
- Decker, E. A. 1995. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. *Nutr. Rev.* 53:49-58.
- Degani, G. 1986. Dietary effects of lipid source, lipid level and temperature on growth of glass eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture* 56: 207-214.
- Degani, G., Hahamu, H. and Levanon, D. 1986a. The relationship of eel *Anguilla anguilla* body size, lipid, protein, glucose, ash, moisture composition and enzyme activity (aldolase). *Comp. Biochem. Physiol.* 84A:739-746.
- Degani, G., Viola, S. and Levanon, D. 1986b. Effects of dietary carbohydrate source on growth and body composition of the European eel. *Aquaculture* 52: 97-104.
- Folch, J., Lee, M. and Stanly, C.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
- Gallego, M. G., Bazoco, J., Akharbach, H., Suarez, M. D. and Sanz, A. 1994. Utilization of different carbohydrates by the European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture* 124:99-108.
- Hayes, K. C. 1976. A review on the biological function of taurine. *Nutr. Rev.* 34:161-165.
- Huang, C. J., Chuan, N. N. and Sheu, C. T. 1988. The effects of taurine supplementation on plasma and liver cholesterol level of rats fed diets containing high cholesterol food. *J. Chinese Nutr. Soc.* 13:11-22.

- Iwamoto, M., Yamanaka, H., Abe, H., Ushio, H., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1988. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage and activities of some enzymes involved. *J. Food Sci.* 53:1662-1665.
- Johnson, P. and Hammer, J. L. 1989. Effects of L-1-methyl-L-histidine and the muscle dipeptides carnosine and anserine on the activities of muscle calpains. *Comp. Biochem. Physiol.* 94B:45-48.
- Konosu, S. and Yamagushi, K. 1982. The flavor components in fish and shellfish. In "Chemistry & Biochemistry of Marine Food Products". pp 367~372. Eds. Martin, R. E., Flick, G. J., Ward, D. R., AVI Publishing, Westport, CT.
- Konosu, S., Watanabe, K. and Shimizu, T. 1974. Distribution of nitrogenous constituents in the muscle extracts of eight species of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 40: 909-914.
- Lee, B. J., Hendricks, D. G. and Cornforth, D. P. 1998. Antioxidant effects of carnosine and phytic acid in a model beef system. *J. Food Sci.* 63:394-398.
- Lie, O., Hemre, G. I. and Lambertsen, G. 1990. A comparison of the composition of cultured and wild caught European eel (*Anguilla anguilla*) particularly regarding lipids. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaering.* 3: 3-11.
- Margolis, F. L. and Grillo, M. 1984. Carnosine, homocarnosine and anserine in vertebrate retinas. *Neurochem. Int.* 6:207-209.
- Otwell, W. S. and Rickards, W. L. 1981. Cultured and wild American eels *Anguilla rostrata* fat content and fatty acid composition. *Aquaculture* 26:67-76.
- Shiau, C. Y., Pong, Y. J., Chiou, T. K., Chai, T. 1996. Free amino acids and nucleotide-related compounds in milkfish (*Chanos chanos*) muscle and viscera. *J. Agric. Food Chem.* 44(9):2650~2653.

- Shiau, C.Y. and Tu, R. J. 2004. Difference in carnosinase activity as related to carnosin degradation between Japanese and European eels. 7th Asian Fisheries Forum 04, 30 November-4 December, Penang, Malasia, p. 355.
- Sturman, J. A. 1993. Taurine in deveploment. *Physiol. Rev.* 73:119-147.
- Suyama, M., Hirano, T. and Suzuki, T. 1986. Buffering capacity of free histidine and its related dipeptides in white and dark muscles of yellowfin tuna. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52:2171-2175.
- Suyama, M., Suzuki, T., Maruyama, M. and Satio, K. 1970. Determination of carnosine, anserine, and balenine in the muscle of animal. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36:1048-1053.
- Suzuki, T., Hirano, T. and Suzuki, T. 1990. Distribution of extractive nitrogenous constituents in white and dark muscles of fresh-water fish. *Comp. Biochem. Phsiol.* 96B:107-111.
- Taylor, S. L. 1986. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. *CRC Crit. Rev Toxicol.* 17: 91-128.
- Thurston, J. H., Hauhare, R. E. and Naccarato, E. F. 1981. Taurine: possible role in osmotic regulation of mammalian heart. *Sci.* 214:1373-1374.
- Uchiyama, H. and Ehira, S. 1974. Relationship between freshness and acid-soluble nucleotides in aseptic cod and yellowtail muscle during ice storage. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.* 78:23-35.
- Van Waarde, A., 1988. Biochemistry of non-protein nitrogenous compounds in fish including the use of amino acids for anaerobic energy production. *Comp. Biochem. Physiol.* 91B, 207-228.
- Watabe, S., Kamal, M. and Hashimoto, K. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate, and lactate in sardine muscle. *J. Food Sci.* 56:155-153.

- Wilson, R., 1989. Amino acids and proteins. In:Halver, J. E. (Ed.), Fish Nutrition. Academic Press, San Diego, CA, pp. 112-153.
- Yen, G. C. and Hsieh, C.L. 1991. Simultaneous analysis of biogenic amines in canned fish by HPLC. J. Food Sci. 56 : 158-160.
- Yone, Y. M., Furuchi, M., Sakamoto, S., 1971. Optimal ration of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 44:683-688.
- 行政院衛生署，1997。食品添加物使用範圍及用量標準，第八類，營養添加劑，衛署食字第 86006627 號公告。
- 坂口守彥，1988。魚介類のエキス成分，p. 132，恆星社厚生閣，東京，日本。
- 胡興華，2003。鰻魚王國的起落，漁業推廣月刊，196:14-37。
- 涂汝祝、蕭泉源，2002。歐洲鰻與日本鰻 carnosine 分解之差異。台灣省水產學會 91 年會，台北，p. F17。
- 曾萬年，1997。臺灣的鰻魚資源及產業，生物產業，8：49-52。

附 錄

表一、 鰻魚粒狀與粉狀飼料之大小與形態

Table 1. Size and shape of Particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets of eel

Sample code	Size (g/each)	Shape (diameter * high, cm * cm)
PF diet		
KH	0.01482	Cylinder, 0.4 * 0.2
TF	0.00475	Cylinder, 0.2 * 0.3
EU	0.02546	Cylinder, 0.4 * 0.3
OI	0.00166	Cylinder, 0.1 * 0.1
OT	0.00360	Cylinder, 0.1 * 0.1
OJ	0.00219	Cylinder, 0.2 * 0.25
PM diet		
SG	-	<0.25 mm mech
OC	-	<0.25 mm mech
TM	-	<0.25 mm mech

表二、 鰻魚粒狀與粉狀飼料之 pH 值及氨含量

Table 2. The pH value and ammonia (mg/100g) of Particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets of eel

Sample code	pH value	NH ₃
PF diet		
KH	5.79 ± 0.01	35.11 ± 1.35
TF	5.72 ± 0.01	46.41 ± 0.33
EU	5.46 ± 0.02	41.62 ± 1.89
OI	5.74 ± 0.01	35.18 ± 7.27
OT	5.71 ± 0.02	31.10 ± 1.99
OJ	5.60 ± 0.01	29.98 ± 0.06
PM diet		
SG	5.94 ± 0.01	13.35 ± 2.06
OC	5.76 ± 0.05	35.18 ± 1.08
TM	5.85 ± 0.01	38.41 ± 0.07

表三、 鰻魚粒狀與粉狀飼料之一般成分

Table 3. The proximate composition (%) of particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets of eel

	Moisture	Protein	Fat	Ash	Carbohydrate ¹
PF diet					
KH	7.43 ± 0.23	46.45 ± 0.15	3.02 ± 0.17	12.47 ± 0.41	30.45 ± 0.78
TF	10.86 ± 0.23	45.72 ± 0.64	6.31 ± 0.07	11.04 ± 0.05	25.71 ± 0.48
EU	11.53 ± 0.36	48.41 ± 1.21	2.88 ± 0.04	10.18 ± 0.07	27.65 ± 0.19
OI	8.06 ± 0.06	46.77 ± 0.43	7.94 ± 0.77	10.83 ± 0.06	26.16 ± 1.07
OT	9.18 ± 0.07	44.77 ± 0.46	11.68 ± 0.68	11.00 ± 0.01	23.63 ± 0.96
OJ	9.40 ± 0.28	45.46 ± 0.60	7.86 ± 0.25	10.31 ± 0.49	26.63 ± 1.07
PM diet					
SG	6.25 ± 0.04	46.92 ± 0.81	8.97 ± 0.04	14.28 ± 0.11	24.11 ± 0.13
OC	6.82 ± 0.05	46.48 ± 0.33	2.75 ± 0.21	11.22 ± 0.00	32.72 ± 0.08
TM	5.93 ± 0.00	48.26 ± 0.18	1.96 ± 0.09	12.73 ± 0.78	31.02 ± 0.83

¹Carbohydrate (%) = 100% - (Moisture + Protein + Fat + Ash) × 100%

表四 (1)、鰻魚粒狀浮性飼料之游離胺基酸

Table 4(1). Free amino acids (mg/100g) of particle-floating (PF) diets of eel

	KH	TF	EU
Phosphoserine	9.65 ± 0.25	13.48 ± 0.25	23.63 ± 6.44
Taurine	191.99 ± 5.08	352.87 ± 0.01	182.27 ± 46.62
Aspartic acid	10.02 ± 0.30	23.07 ± 0.02	14.73 ± 3.61
Threonine	16.62 ± 0.28	34.37 ± 0.08	11.91 ± 3.00
Serine	7.78 ± 0.03	27.60 ± 16.27	8.52 ± 1.94
Glutamic acid	36.09 ± 0.15	63.08 ± 0.38	34.35 ± 8.82
Glycine	18.57 ± 0.38	35.73 ± 0.54	31.59 ± 5.10
Alanine	53.43 ± 1.39	97.57 ± 0.15	36.98 ± 9.70
Valine	33.85 ± 0.26	36.49 ± 0.61	21.38 ± 7.03
Methionine	7.38 ± 1.82	13.40 ± 0.41	-
Cystathionine	7.29 ± 0.72	-	11.53 ± 1.22
Isoleucine	14.38 ± 0.34	34.33 ± 0.35	10.03 ± 2.65
Leucine	27.25 ± 0.64	61.09 ± 0.57	16.04 ± 4.59
Tyrosine	10.14 ± 0.10	27.97 ± 0.59	9.84 ± 2.91
Phenylalanine	18.33 ± 0.27	35.07 ± 0.07	9.40 ± 7.43
γ-ABA ²	14.09 ± 0.29	-	-
Ornithine	7.09 ± 0.03	11.10 ± 1.04	18.99 ± 2.54
Lysine	19.18 ± 0.37	54.68 ± 4.49	35.35 ± 8.46
Histidine	117.62 ± 5.96	215.22 ± 4.67	155.19 ± 41.98
Arginine	19.10 ± 1.17	50.50 ± 0.20	17.36 ± 0.42
Proline	26.68 ± 1.33	66.72 ± 4.97	51.66 ± 0.43
Total	674.91 ± 13.73	1254.34 ± 0.78	700.75 ± 56.72

¹—, not detectable

²γ-ABA, γ-aminobutyric acid.

表四 (2)、鰻魚粒狀浮性飼料之游離胺基酸

Table 4(2). Free amino acids (mg/100g) of particle-floating (PF) diets of eel

	OI	OT	OJ
Phosphoserine	- ¹	17.04 ± 1.14	15.11 ± 0.52
Taurine	349.56 ± 13.00	256.67 ± 19.62	288.82 ± 1.84
Aspartic acid	12.71 ± 0.32	19.87 ± 1.09	17.58 ± 0.03
Threonine	18.45 ± 0.32	23.85 ± 2.55	26.34 ± 7.66
Serine	5.65 ± 0.39	13.85 ± 1.42	14.67 ± 2.86
Glutamic acid	51.39 ± 2.70	49.11 ± 3.53	48.22 ± 0.12
Glycine	34.50 ± 1.05	35.09 ± 2.61	32.48 ± 0.13
Alanine	105.89 ± 3.45	89.09 ± 6.18	88.30 ± 0.31
Valine	41.64 ± 1.81	34.33 ± 2.88	33.27 ± 0.29
Methionine	5.49 ± 1.26	-	-
Cystathionine	-	-	-
Isoleucine	23.64 ± 1.43	18.13 ± 0.96	22.73 ± 0.54
Leucine	49.10 ± 2.26	36.82 ± 2.48	45.14 ± 0.62
Tyrosine	13.27 ± 1.37	15.54 ± 0.25	16.71 ± 0.04
Phenylalanine	23.12 ± 0.82	19.42 ± 1.32	21.96 ± 0.59
γ-ABA ²	4.45 ± 0.46	6.68 ± 0.37	4.27 ± 0.12
Ornithine	12.96 ± 1.44	6.84 ± 0.27	7.15 ± 0.33
Lysine	25.14 ± 1.64	29.46 ± 2.13	41.54 ± 0.46
Histidine	334.89 ± 13.63	193.43 ± 18.08	273.39 ± 0.89
Arginine	26.60 ± 1.55	36.45 ± 2.33	30.14 ± 1.00
Proline	58.40 ± 10.59	65.77 ± 10.52	57.92 ± 6.90
Total	1215.93 ± 17.73	971.88 ± 77.83	1091.69 ± 15.93

¹—, not detectable

²γ-ABA, γ-aminobutyric acid.

表五、 鰻魚粉狀飼料之游離胺基酸

Table 5. Free amino acids (mg/100g) of powder-mixture (PM) diets of eel

	SG	OC	TM
Phosphoserine	2.72 ± 0.76	7.83 ± 1.42	9.57 ± 0.04
Taurine	73.09 ± 21.35	135.79 ± 39.55	289.32 ± 1.34
Aspartic acid	1.60 ± 0.45	12.91 ± 3.78	9.82 ± 0.77
Threonine	2.58 ± 1.00	8.56 ± 2.98	17.45 ± 0.29
Serine	1.87 ± 0.27	8.15 ± 2.39	12.56 ± 1.25
Glutamic acid	7.79 ± 2.31	25.41 ± 8.37	33.07 ± 0.61
Glycine	5.39 ± 1.50	13.90 ± 4.15	23.78 ± 0.26
Alanine	10.95 ± 3.21	35.67 ± 9.78	53.35 ± 0.84
Valine	4.23 ± 0.39	22.36 ± 1.46	23.42 ± 0.93
Methionine	-	10.05 ± 0.78	9.51 ± 1.53
Cystathionine	3.06 ± 0.01	15.19 ± 1.44	11.37 ± 1.74
Isoleucine	1.93 ± 0.62	14.59 ± 5.65	15.02 ± 4.57
Leucine	3.13 ± 1.04	19.35 ± 8.23	25.79 ± 2.26
Tyrosine	-	10.90 ± 4.39	12.49 ± 0.50
Phenylalanine	1.03 ± 0.04	5.48 ± 3.27	11.22 ± 0.70
γ-ABA ²	-	7.41 ± 0.48	-
Ornithine	4.98 ± 0.15	9.26 ± 1.55	4.70 ± 0.30
Lysine	15.82 ± 0.37	24.34 ± 3.41	34.25 ± 1.39
Histidine	70.04 ± 20.04	144.22 ± 37.17	267.86 ± 5.34
Arginine	3.21 ± 0.10	13.34 ± 1.64	26.71 ± 0.36
Proline	8.12 ± 1.32	28.06 ± 0.39	41.87 ± 17.36
Total	221.54 ± 54.84	572.75 ± 125.28	933.13 ± 11.43

¹—, not detectable

²γ-ABA, γ-aminobutyric acid.

表六、鰻魚粒狀與粉狀飼料之生物胺含量

Table 6. The levels (mg/100g) of biogenic amines in particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets of eel

	PF diets										PM diets			
	KH	TF	EU	OI	OT	OJ	SG	OC	TM					
Putrescine	91.21 ± 7.71	67.56 ± 10.30	32.58 ± 5.56	117.89 ± 8.84	62.39 ± 14.81	66.37 ± 4.04	15.06 ± 0.33	11.18 ± 7.68	51.10 ± 6.36					
Cadaverine	48.86 ± 3.63	47.01 ± 8.28	14.86 ± 5.48	57.93 ± 7.25	28.17 ± 7.83	48.34 ± 1.83	6.08 ± 0.10	5.51 ± 4.17	21.93 ± 3.37					
Tryptamine	3.43 ± 0.44	3.72 ± 1.06	*	3.74 ± 0.90	1.90 ± 0.70	-	0.60 ± 0.12	2.73 ± 1.36	-					
Spermidine	5.27 ± 1.70	5.17 ± 2.07	4.05 ± 0.45	6.19 ± 1.44	6.94 ± 3.69	7.93 ± 5.87	1.25 ± 0.17	2.75 ± 1.08	3.86 ± 0.63					
Spermine	0.91 ± 0.30	-	-	24.05 ± 3.06	6.06 ± 3.08	32.88 ± 1.34	3.24 ± 0.71	17.20 ± 0.81	28.97 ± 5.11					
Histamine	40.81 ± 10.86	35.53 ± 12.66	13.41 ± 2.30	98.08 ± 5.41	45.86 ± 11.69	32.22 ± 1.86	15.98 ± 0.00	20.76 ± 1.26	34.15 ± 0.96					
Tyramine	4.47 ± 3.92	5.31 ± 4.93	1.59 ± 0.38	6.04 ± 0.88	10.93 ± 6.91	2.31 ± 0.24	-	5.42 ± 3.32	2.01 ± 0.58					
Argimateine	-	-	-	-	5.84 ± 0.50	-	-	-	-					

*Not detectable

表七、 鰻魚粒狀與粉狀飼料之脂肪酸組成

Table 7. Fatty acid composition (% of total fatty acids)¹ of particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets of eel

	PF diets						PM diets		
	KH	TF	EU	OI	OT	OJ	SG	OC	TM
C14:0	10.24	12.61	3.69	8.17	7.50	11.87	9.56	8.73	6.71
C16:0	29.74	31.63	23.95	24.32	18.83	36.38	28.81	29.23	26.46
C16:1	10.23	9.77	7.16	7.53	6.91	6.08	5.99	5.97	5.52
C18:0	5.60	6.06	6.39	5.68	3.99	5.90	6.70	7.26	3.46
C18:1	14.71	2.95	21.89	21.73	13.56	13.04	2.95	10.48	11.81
C18:2	7.94	6.89	8.55	4.88	4.73	3.72	2.86	12.53	3.99
C18:3	1.36	1.42	1.25	1.52	0.80	3.36	7.07	1.06	3.06
C20:3	.*	-	-	0.20	-	-	-	-	0.06
C20:4	0.96	0.41	1.13	0.61	-	0.27	1.55	0.83	2.04
C20:5	11.68	15.64	10.04	11.81	10.26	12.72	8.82	7.60	10.61
C22:6	7.54	12.64	11.96	13.55	6.50	6.66	25.68	16.31	26.28
Total SFA ²	45.58	50.29	34.03	38.17	30.32	54.15	45.07	45.22	36.63
MUFA ³	24.94	12.72	29.05	29.26	20.47	19.11	8.94	16.46	17.33
PUFA ⁴	29.48	36.99	32.92	32.57	22.29	26.73	46.00	38.32	46.04
n-3 PUFA ⁵	20.58	29.69	23.25	27.08	17.56	22.75	41.58	24.96	40.00
n-6 PUFA ⁶	8.90	7.30	9.68	5.49	4.73	3.99	4.42	13.36	6.04
n-3/n-6 PUFA	2.31	4.07	2.40	4.93	3.71	5.70	9.41	1.87	6.62

*Not detectable.

¹Mean of two determinations.

²Saturated fatty acids.

³Monounsaturated fatty acids.

⁴18:2n-6+18:3n-3+20:3n-3+20:4n-6+20:5n-3+22:6n-3.

⁵18:3n-3+20:3n-3+20:5n-3+22:6n-3.

⁶18:2n-6+20:4n-6.

表八、粒料與粉料養殖鰻魚之平均體長、體重、肝重及內臟重

Table 8. Mean of body length (cm), body weight (g), liver weight (g) and viscera weight (g) of live eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Four month		
Body length	39.30 ± 2.80	33.80 ± 1.60
Body weight	92.90 ± 22.04	73.57 ± 8.94
Liver weight	2.59 ± 0.89	2.53 ± 0.40
Viscera weight	8.49 ± 2.27	10.32 ± 1.66
Five month		
Body length	41.40 ± 1.8	40.70 ± 0.70
Body weight	96.18 ± 10.96	115.85 ± 10.65
Liver weight	2.23 ± 0.64	3.83 ± 0.94
Viscera weight	9.18 ± 1.48	12.89 ± 2.62
Eight month		
Body length	48.7 ± 2.1	54.4 ± 2.2
Body weight	159.10 ± 7.67	242.57 ± 25.11
Liver weight	3.18 ± 0.72	4.06 ± 4.06
Viscera weight	11.53 ± 1.58	18.67 ± 18.67

表九、粒料與粉料養殖鰻魚之平均肥滿度、身體質量指數及肝體比

Table 9. Mean of condition factor (CF), BMI (Body Mass Index) and hepatosomatic index (HSI) (%) of live eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Four month		
CF ¹	1.52 ± 0.22	1.90 ± 0.17
BMI ²	0.60 ± 0.08	0.64 ± 0.05
HSI ³	8.59 ± 1.18	14.01 ± 1.45
Five month		
CF ¹	1.36 ± 0.09	1.72 ± 0.11
BMI ²	0.56 ± 0.03	0.70 ± 0.05
HSI ³	9.54 ± 1.37	11.14 ± 2.33
Eight month		
CF ¹	1.39 ± 0.13	1.50 ± 0.12
BMI ²	0.67 ± 0.04	0.82 ± 0.06
HSI ³	6.95 ± 0.79	7.84 ± 2.65

¹ CF = Weight (g)/Length³ (cm) × 10³.

² BMI = Weight (kg)/ Length² (m).

³ HSI (%) = Liver weight/Body weight × 100%.

表十、粒料與粉料養殖鰻魚之一般成分

Table 10. Proximate composition (%) of live eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Four month		
Moisture	69.57 ± 0.56*	68.29 ± 0.47
Protein	17.93 ± 0.07	17.61 ± 0.14
Fat	6.53 ± 0.51	9.01 ± 0.21
Ash	1.16 ± 0.14	1.11 ± 1.13
Five month		
Moisture	68.91 ± 1.89	65.07 ± 1.49
Protein	18.19 ± 0.14	16.41 ± 0.88
Fat	9.26 ± 2.05	14.02 ± 0.63
Ash	1.32 ± 0.24	1.15 ± 0.18
Eight month		
Moisture	68.41 ± 2.64	67.84 ± 1.72
Protein	18.16 ± 0.75	16.21 ± 0.30
Fat	8.85 ± 1.42	13.36 ± 2.08
Ash	1.48 ± 0.49	1.13 ± 0.19

*Mean ± S.D.(n = 3).

表十一、粒料養殖鰻魚之游離胺基酸與雙胜肽含量

Table 11. Free amino acids and dipetides (mg/100g of wet wt) of eels fed with particle-floating (PF)

	PF		
	Four month	Five month	Eight month
P-ser	2.3 ± 1.0	0.32 ± 0.55	-
Tau	74.5 ± 13.0	40.32 ± 5.28	51.32 ± 12.40
Asp	2.4 ± 0.1	4.41 ± 5.18	0.41 ± 0.01
Thr	13.6 ± 3.5	5.53 ± 2.44	5.46 ± 1.79
Ser	4.8 ± 0.9	4.60 ± 2.47	2.12 ± 0.35
Glu	12.6 ± 1.1	11.51 ± 2.81	10.12 ± 5.20
Sar	-	0.43 ± 0.74	1.50 ± 2.12
a-AAA	7.9 ± 6.4	1.25 ± 0.09	2.07 ± 2.93
Gly	43.3 ± 2.0	13.45 ± 4.85	19.08 ± 5.37
Ala	24.0 ± 5.8	11.07 ± 3.18	20.23 ± 0.52
Cit	-	-	0.50 ± 0.71
Val	11.8 ± 6.8	3.68 ± 0.67	5.98 ± 2.62
Cys	-	-	-
Met	3.0 ± 1.8	2.36 ± 1.37	1.54 ± 1.08
Cysthi	5.7 ± 1.0	2.73 ± 1.66	-
Ile	3.4 ± 1.8	2.67 ± 1.02	2.65 ± 0.45
Leu	4.8 ± 1.5	3.43 ± 1.47	4.36 ± 0.10
Tyr	5.0 ± 1.9	2.35 ± 1.72	2.46 ± 0.24
Phe	4.6 ± 1.3	1.89 ± 0.77	2.94 ± 0.47
β-Ala	5.9 ± 1.7	4.75 ± 4.28	4.17 ± 2.22
β-AiBA	-	-	-
γ-ABA	0.8 ± 0.7	0.27 ± 0.24	0.41 ± 0.17
Orn	12.4 ± 4.2	2.81 ± 0.93	1.73 ± 0.28
Lys	30.2 ± 9.4	17.56 ± 3.11	31.16 ± 13.04
His	20.2 ± 5.6	17.28 ± 6.54	7.76 ± 2.94
3Mehis	-	-	-
Arg	17.6 ± 11.9	9.34 ± 1.88	20.74 ± 1.10
Hypro	7.5 ± 13.0	-	-
pro	2.6 ± 0.7	7.01 ± 2.41	2.18 ± 3.08
Total	320.9 ± 6.8	172.88 ± 56.15	211.27 ± 29.10
Ans	-	-	-
Car	524.9 ± 135.3	313.32 ± 49.16	538.74 ± 82.89

¹α-AAA, α-amino adipic acid; α-ABA, α-aminobutyric acid; γ-ABA, γ-aminobutyric acid, β-AiBA, β-amino isobutyric acid.

表十二、粉料養殖鰻魚之游離胺基酸與雙胜肽含量

Table 12. Free amino acids and dipetides (mg/100g of wet wt) of eels fed with powder-mixture (PM) diets

	PM		
	Four month	Five month	Eight month
P-ser	0.8 ± 1.0*	0.40 ± 0.69	0.46 ± 0.79
Tau	55.3 ± 3.7	45.97 ± 8.58	48.23 ± 16.33
Asp	4.7 ± 1.1	1.17 ± 0.67	1.47 ± 0.65
Thr	14.3 ± 7.5	3.02 ± 1.54	6.13 ± 0.91
Ser	10.5 ± 4.9	2.00 ± 1.11	3.14 ± 1.45
Glu	15.4 ± 6.2	8.76 ± 3.77	8.62 ± 4.31
Sar	3.6 ± 0.8	-	-
α-AAA	1.6 ± 1.5	0.37 ± 0.64	0.99 ± 1.72
Gly	29.5 ± 5.0	17.34 ± 8.24	15.40 ± 8.69
Ala	24.1 ± 7.5	8.85 ± 2.47	17.39 ± 4.80
Cit	2.1 ± 1.9	0.11 ± 0.18	0.94 ± 1.63
Val	8.3 ± 4.2	3.11 ± 1.75	4.34 ± 2.78
Cys	1.6 ± 2.0	-	-
Met	5.7 ± 0.8	0.51 ± 0.89	1.20 ± 0.57
Cysthi	3.2 ± 2.0	0.70 ± 0.42	0.38 ± 0.66
Ile	4.8 ± 1.9	2.07 ± 0.21	1.98 ± 1.16
Leu	7.5 ± 3.6	3.16 ± 0.96	3.39 ± 1.42
Tyr	6.9 ± 2.1	0.48 ± 0.83	1.83 ± 0.76
Phe	8.2 ± 3.0	1.67 ± 0.21	1.92 ± 1.13
β-Ala	4.6 ± 1.5	7.50 ± 4.95	4.21 ± 1.73
β-AiBA	2.2 ± 2.1	-	0.36 ± 0.62
γ-ABA	1.5 ± 0.4	-	0.08 ± 0.14
Orn	4.9 ± 1.9	5.19 ± 1.30	1.28 ± 0.27
Lys	17.4 ± 1.8	9.82 ± 1.90	19.02 ± 4.19
His	19.1 ± 2.3	9.26 ± 4.33	9.38 ± 2.64
3Mehis	0.8 ± 0.9	-	-
Arg	8.7 ± 3.0	4.16 ± 1.48	11.47 ± 3.53
Hypro	-	±	-
pro	3.0 1.6	2.95 ± 2.67	11.90 ± 10.71
Total	270.4 ± 51.7	157.78 ± 66.91	183.89 ± 57.33
Ans	-	-	-
Car	375.1 ± 27.3	430.75 ± 58.33	508.21 ± 199.03

¹α-AAA, α-amino adipic acid; α-ABA, α-aminobutyric acid; γ-ABA, γ-aminobutyric acid; β-AiBA, β-amino isobutyric acid.

表十三、粒料與粉料養殖鰻魚之 ATP 及其相關化合物之含量

Table 13. ATP-related compounds ($\mu\text{mole / g}$ of wet wt) of eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Four month		
ATP	0.30 \pm 0.04*	0.22 \pm 0.02
ADP	0.36 \pm 0.01	0.39 \pm 0.09
AMP	0.17 \pm 0.02	0.17 \pm 0.01
IMP	0.85 \pm 0.14	1.14 \pm 0.52
Inosine	3.18 \pm 0.21	2.95 \pm 0.44
Hypoxanthine	1.60 \pm 0.35	1.11 \pm 0.08
Total amount	6.46 \pm 0.12	5.97 \pm 0.99
Five month		
ATP	0.19 \pm 0.02	0.26 \pm 0.02
ADP	0.18 \pm 0.01	0.16 \pm 0.01
AMP	0.02 \pm 0.00	0.02 \pm 0.00
IMP	1.65 \pm 1.18	1.52 \pm 0.59
Inosine	3.27 \pm 0.46	2.76 \pm 0.28
Hypoxanthine	1.18 \pm 0.38	1.43 \pm 0.34
Total amount	6.50 \pm 0.50	6.15 \pm 0.04
Six month		
ATP	0.19 \pm 0.05	0.15 \pm 0.04
ADP	0.09 \pm 0.01	0.09 \pm 0.01
AMP	0.25 \pm 0.04	0.23 \pm 0.02
IMP	1.04 \pm 0.74	0.38 \pm 0.23
Inosine	2.68 \pm 0.23	2.73 \pm 0.19
Hypoxanthine	0.99 \pm 0.07	1.28 \pm 0.19
Total amount	5.24 \pm 0.76	4.86 \pm 0.60

*Mean \pm S.D.(n = 3).

表十四、粒料與粉料養殖鰻魚之 L、a、b 值

Table 14. Mean of L, a, b values of eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Two month		
<i>L</i>	34.2 ± 2.5	39.1 ± 3.0
<i>a</i>	2.1 ± 3.7	-1.4 ± 1.4
<i>b</i>	0.9 ± 2.4	-1.0 ± 1.7
W.I.*	34.1 ± 2.6	39.0 ± 3.0
Three month		
<i>L</i>	43.7 ± 3.8	47.0 ± 19.9
<i>a</i>	1.1 ± 2.3	-4.3 ± 1.8
<i>b</i>	2.8 ± 1.3	2.5 ± 2.3
W.I.*	43.5 ± 3.8	46.7 ± 19.8

* W.I. (Whiteness index) = $[100 - (100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{2/1}$

表十五、粒料與粉料養殖鰻魚之官能品評

Table 15. Sensory evaluation for eels fed with particle-floating (PF) and powder-mixture (PM) diets

	PF	PM
Color	6.38 ± 1.06*	6.46 ± 1.22
Texture	6.21 ± 1.14	6.50 ± 1.06
Flavor	6.00 ± 1.22	6.63 ± 1.31
Overall acceptability	6.21 ± 0.98	6.63 ± 1.17

*Mean ± S.D.(n = 24).