

# 飼料中添加不同濃度與來源之類胡蘿蔔素對紅色吳郭魚體表增豔效果之影響

黃侑勛<sup>1\*</sup> · 廖文亮<sup>2</sup> · 何源興<sup>1</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心

<sup>2</sup>國立臺灣大學漁業科學研究所

## 摘要

吳郭魚目前是臺灣水產養殖業年產量最多的魚種。紅色吳郭魚 (*Oreochromis* sp.) 由莫三比克種吳郭魚突變而來。本研究目的為探討在飼料中添加不同來源與濃度的類胡蘿蔔素對紅色吳郭魚苗體表增豔效果之影響。本實驗所使用之色素添加物為兩種不同來源之類胡蘿蔔素，分別為由基因轉殖之大腸桿菌所含之類胡蘿蔔素與人工合成的還原蝦紅素。實驗飼料分為五組，分別為對照組與添加基因轉殖大腸桿菌所含類胡蘿蔔素 50 與 100 mg/kg (E-50、E-100) 及添加人工合成還原蝦紅素 50 與 100 mg/kg (R-50、R-100)。實驗結果顯示，以色差計測量所得數據，色彩平均差異值 ( $\Delta E$ ) 為 8.06 ~ 14.89，已到達目視即可直接察覺差異的標準 ( $\Delta E > 6.0$ )；魚皮類胡蘿蔔素含量測定的結果，以對照組最低，為 0.25 mg/100g skin，其餘各組以E-100組為最高，類胡蘿蔔素含量為 0.84 mg/100g skin。依據本次實驗結果，要增加紅色吳郭魚魚苗在體表增豔效果的表現，以基因轉殖大腸桿菌之類胡蘿蔔素做為色素來源較佳。

關鍵詞：紅色吳郭魚、成長、魚皮類胡蘿蔔素、合成還原蝦紅素

## 前言

吳郭魚 (*Tilapia*) 原產於非洲坦干伊喀湖 (Lake Tanganyika)，全世界共有 100 多種，曾嘗試人工養殖的約有十餘種，為熱帶地區內陸性的魚種。吳郭魚在分類上屬鱸形目，鱸形亞目，慈鯛科；體型近似鱸魚與鯛科魚類，體色因品種和環境而異，一般呈黑灰色。吳郭魚對環境變化的適應力大，分布廣泛，世界各地皆可見到吳郭魚的蹤跡。

本實驗所選用的吳郭魚品種為紅色吳郭魚 (*Oreochromis* sp.)，是由莫三比克種吳郭魚突變而來。生態習性皆與莫三比克種吳郭魚近似。紅色吳郭魚因其體表具有如海水鯛科魚類般鮮紅的色澤，頗受消費者喜愛，市場競爭力也相對地提升。

消費者在市場選購生鮮水產品時，水產品之體表色澤是其中一項重要的選購依據，因此，如何讓紅色吳郭魚體表色澤不再出現色澤不均勻、不穩定的情形，使之能夠呈現鮮豔的體色，將可以有效提高其市場價值，增進臺灣養殖紅色吳郭魚的出口競爭力。

類胡蘿蔔素 (carotenoids) 是自然界中常見的色素，為脂溶性化合物，並且具有多個雙鍵。類胡蘿蔔素具有長鏈的共軛不飽和雙鍵，對光照、溫度、氧氣及酸鹼值非常敏感，因此類胡蘿蔔素十分容易在製作飼料的過程中發生裂解或是產生異構化的情形 (Pesek and Warthesen, 1988; Pesek *et al.*, 1990; Chen *et al.*, 1994)。多數水產生物無法於體內自行合成類胡蘿蔔素，必須從食物中攝取 (Goodwin, 1984)。以鮭鱒魚類為例，在自然界中攝食富含類胡蘿蔔素的甲殼類，並將來自甲殼類之類胡蘿蔔素蓄積在肌肉中，使其魚肉顏色呈現出紅色或粉紅色的天然色澤 (Skrede and Storebakken, 1986)；而在北歐的鮭魚養殖業中，飼

\*通訊作者 / 臺東市知本路 2 段 291 巷 299 號, TEL: (089) 514-363 轉 111; FAX: (089) 514-366; E-mail: r96b45015@ntu.edu.tw

料中常添加人工合成的類胡蘿蔔素，來增進魚肉的色澤，使其接近野生鮭魚的魚肉色澤 (Baker *et al.*, 2002; Ytrestøyl *et al.*, 2004)。為了使水產品增色，飼料中除了添加人工合成的類胡蘿蔔素外，南極蝦粉、蝦殼粉、酵母菌、小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 及雨生紅球藻 (*Haematococcus pluvialis*) 等來自植物或動物性之類胡蘿蔔素都常被用以添加在飼料中 (Gouveia *et al.*, 2002; Storebakken *et al.*, 2004; Choubert *et al.*, 2006)。

歐洲國家對鮭鱒魚類的研究較多，學者提出鮭鱒魚類對於類胡蘿蔔素的吸收及蓄積有兩種模式：模式一認為魚隻可在短期內快速吸收並蓄積大量類胡蘿蔔素於體內，因此建議於收穫上市前一段時間始投餵含有高濃度類胡蘿蔔素添加物之飼料即可 (Booth *et al.*, 2004)；模式二認為魚隻對於類胡蘿蔔素的吸收與蓄積效果與投餵的色素劑量無正向相關，魚類每日吸收、蓄積類胡蘿蔔素的能力有其上限且十分微量，因此建議於飼養初期即投餵含有微量類胡蘿蔔素添加物之飼料，持續到收穫上市為止 (Torrissen *et al.*, 1989)；根據研究指出海水鯛科魚類在短期約一至二個月內即可大量吸收及蓄積類胡蘿蔔素 (Doolan *et al.*, 2008)，因此本研究將採用模式一之投餵方式進行實驗。

在飼料中添加色素添加物的成本高昂，常可佔養殖成本的 10 ~ 25% (Buttle *et al.*, 2001)，因此，如能有效的使用類胡蘿蔔素做為色素添加物，將可避免添加過量或加入魚隻無法吸收、蓄積的色素添加物，降低飼養成本，為養殖戶帶來更多收益。本研究目的即為探討在飼料中添加不同來源與濃度之類胡蘿蔔素對紅色吳郭魚體色表現之影響。

## 材料與方法

### 一、試驗魚種及試驗條件

試驗用紅色吳郭魚魚苗，分組為隨機採樣，共分為 5 組，每組 10 尾二重複。第一組飼料 (Diet Ctrl) 無另外添加任何類胡蘿蔔素；第二組 (Diet E-50) 及第三組 (Diet E-100) 飼料添加含有類胡蘿蔔素之基因轉殖大腸桿菌粉末 (total carotenoids content 0.33%，祥德科技公司)，使其

類胡蘿蔔素含量分別為 50 mg/kg 及 100 mg/kg；第四組及第五組飼料 (diet R-50、R-100) 添加人工合成還原蝦紅素 (carophyll pink 8%，Nippon Roche)，使其類胡蘿蔔素含量分別為 50 mg/kg 及 100 mg/kg。魚體平均重量為  $2.64 \pm 0.03$  g。試驗於室內玻璃水缸 (45 cm×30 cm×30 cm) 中進行。實驗開始後，每日投餵自製試驗用飼料兩次，分別為上午 9:00 ~ 9:30 及下午 4:30 ~ 5:00，採用飽食餵食法，從投餵飼料始計時 30 分鐘，30 分鐘後當所有魚隻皆不再索餌後即停止餵食，並記錄投餵之飼料重量。每日定時換水，以保持水質的穩定。實驗期間共十週，飼養期間水溫為 20 ~ 25 °C，每 5 週秤重一次，並於秤重前一天絕食；實驗結束後每組採樣 5 尾，冰存於 -20 °C 的冰箱內，以供日後進行魚體之類胡蘿蔔素含量分析。

### 二、實驗飼料配製

試驗用之飼料配方如 Table 1 所示，以紅魚粉 (brown fish meal) 為主要蛋白質來源，配製出的飼料蛋白質含量為 28.6 ~ 29.2%，粗脂肪含量為 8.4 ~ 8.7% 的五組飼料，本實驗所使用之類胡蘿蔔素來源為基因轉殖之大腸桿菌粉末 (total carotenoids content 0.33%，祥德科技公司) 中所含的類胡蘿蔔素以及人工合成之還原蝦紅素 (carophyll pink 8%，Nippon Roche)。將各種原料混合後，加水約原料重量的 30 ~ 35%，攪拌均勻後，經 2 mm 直徑孔徑的擠粒機成長條狀，送入鼓風式乾燥機，經 40 °C，15 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

#### (一) 粗脂質萃取

依 Folch *et al.* (1957) 的方法，將樣品 (約 1.5 g) 加入氯仿/甲醇 (chloroform/methanol, 2:1 v/v) 50 ml 的溶液中，以均質機 (Nissei AM-3, Tokyo Japan) 5,000 rpm 攪拌 5 分鐘，再用 Büchner funnel 過濾，並以氯仿/甲醇 (2:1 v/v) 50 ml 洗滌，將過濾液完全移入分液漏斗中，並加入 0.03 M 氯化鎂 (MgCl<sub>2</sub>) 20 ml 強力混合 1 分鐘，置於室溫中一夜，取含脂質之下層液經過濾裝入秤重過之濃縮

**Table 1** Composition and proximate analyses of the experimental diets

Ingredients	Inclusion (g/kg)				
	Ctrl	E-50	E-100	R-50	R-100
Fish meal	200	200	200	200	200
Corn germ meal	300	300	300	300	300
Soy bean meal	250	250	250	250	250
$\alpha$ -Starch	150	150	150	150	150
Fish oil	34	34	34	34	34
Vitamin mix. <sup>1</sup>	10	10	10	10	10
Mineral mix. <sup>2</sup>	40	40	40	40	40
Choline chloride	5	5	5	5	5
Vitamin E (50%)	1	1	1	1	1
Pigment addition					
Carotenoid- <i>E. coli</i> (g/kg)	0	15	30	0	0
Astaxanthin-Synthetic (g/kg)	0	0	0	0.65	1.3
Carotenoids content (mg/kg)	0	50	100	50	100
Proximate analysis (%)					
Crude protein	29.2	28.6	28.8	29.1	28.6
Crude lipid	9.3	9.4	9.7	9.9	9.5
Ash	7.1	7.3	7.2	7.4	7.7
Moisture	7.7	7.8	7.9	8.1	7.9
Carotenoids content (mg/kg)	2.5	28.4	54.3	46.5	95.9

<sup>1</sup>Ogino *et al.* (1979)<sup>2</sup>Ogino and Yang (1978)

瓶中，經減壓回轉濃縮機縮後秤瓶重由萃取物重除以樣品重量以計算粗脂質含量。

## (二) 體表顏色測定

根據國際照明委員會 (Munsell Color Science Lab) 所制定之色彩空間 CIE Lab 系統，利用色差計 (Minolta CR-10 hand held chromameter) 直接測量樣本魚隻體表左側如 Fig. 1 所示之四個測量點 (依順序分別為：頭部、前背部、尾部、前腹部) 的顏色參數 (a, b 和 L 值) 並加以紀錄，並比較顏色差異 ( $\Delta E$ )。a 值越高代表紅色程度越高，b 值越高代表黃色程度越高，L 值越高代表透明度越高。

## (三) 魚皮類胡蘿蔔素含量測定

將魚皮從魚體上切取下來，將魚皮樣本置於研鉢，加入適量無水硫酸鈉攪拌研磨，去除樣本所含水分，接著以丙酮萃取魚皮所含的類胡蘿蔔

素，重複萃取至丙酮顏色極淡，將這些丙酮萃液以減壓迴轉濃縮機進行濃縮。濃縮完成後加入 15 ml 乙醚和 5 ml 蒸餾水洗入分液漏斗並強力混合，取乙醚層，其中水層須再以乙醚重複萃取 2~3 次，將乙醚萃液濃縮後，加入 5 ml 苯定容，利用 Hitachi U2000 型分光光度計測量各樣本的在波長為 480 nm 的吸光值；依據 McBeth's formula (McBeth, 1972) 計算總類胡蘿蔔素的含量。



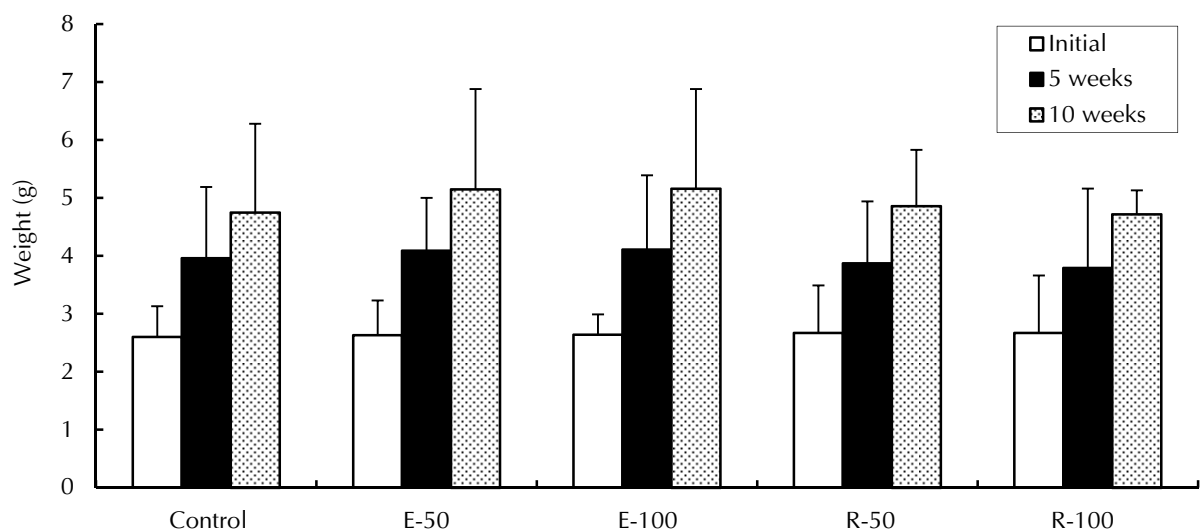
**Fig. 1** The measuring location of the red tilapia (*Oreochromis* sp.). 1. head, 2. dorsal, 3. tail, and 4. ventral.

**Table 2** Growth performance of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with the experimental diets

Diet	Average body weight (g)			Growth rate (%)		Feed efficiency (%)	
	Initial*	5 weeks*	10 weeks*	5 weeks	10 weeks	5 weeks	10 weeks
Ctrl	2.60 ± 0.53 <sup>a</sup>	3.96 ± 1.23 <sup>a</sup>	4.75 ± 1.53 <sup>a</sup>	52	83	46	44
E-50	2.63 ± 0.60 <sup>a</sup>	4.09 ± 0.91 <sup>a</sup>	5.15 ± 1.73 <sup>a</sup>	56	96	45	41
E-100	2.64 ± 0.35 <sup>a</sup>	4.11 ± 1.28 <sup>a</sup>	5.16 ± 1.72 <sup>a</sup>	56	96	47	40
R-50	2.67 ± 0.82 <sup>a</sup>	3.87 ± 1.07 <sup>a</sup>	4.86 ± 0.97 <sup>a</sup>	45	82	46	41
R-100	2.67 ± 0.99 <sup>a</sup>	3.79 ± 1.37 <sup>a</sup>	4.72 ± 0.41 <sup>a</sup>	42	77	46	40

\*Mean ± SD (n=20)

Growth rate = (final weight – initial weight) / initial weight

**Fig. 2** The weights of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) during the experimental period.

#### 四、資料分析

(一) 飼料效率 (%) = [魚體增重 (g) / 飼料攝入量 (g)] × 100

(二) Carotenoid content (mg carotenoids/100g tissue)  

$$= \frac{OD_{\lambda} \times Vol.(c.c.) \times 10^3}{E^{1\%}_{1cm} \times weight\ of\ sample}$$

$E^{1\%}_{1cm}$ : 類胡蘿蔔素在苯中 1% 的 extinction coefficient value = 1900

(三)  $\Delta E = [(a-a_c)^2 + (b-b_c)^2 + (L-L_c)^2]^{1/2}$   
 $a_c, b_c$  和  $L_c$  為對照組的  $a, b$  和  $L$  值

## 結 果

### 一、成長效果

在紅色吳郭魚的飼料中分別添加不同類胡蘿蔔素含量為 50 mg/kg (E-50 和 R-50) 和 100 mg/kg (E-100 和 R-100)，飼養 5 週及 10 週後，其成長結果如 Table 2，Figs. 2~3 所示。各組在飼養 5 週後，平均體重由開始的 2.60~2.67 g 增加到 3.79~4.11 g，增重率為 42~56%，飼料效率為 45~47%。在飼養 10 週後，平均體重由一開始的 2.60~2.67 g 增加到 4.72~5.16 g；實驗數據以 SPSS 統計軟體進行單因子變異數檢定分析 (One-way ANOVA)，若其平均值之間有差異 ( $p < 0.05$ )，再以 Duncan's New-multiple Range Test 比較各處理組差異之顯著性。結果顯示，在飼料中有無添加或添加類型的不同的類胡蘿蔔素並不影響紅色吳郭魚的增重率和飼料效率。

**Table 3** L, a, and b skin colour values of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with the experimental diets for 10 weeks

Skin colour value*	Initial	Diets				
		Ctrl	E-50	E-100	R-50	R-100
L	49.88 ± 4.0	63.36 ± 6.6 <sup>a</sup>	65.31 ± 9.7 <sup>a</sup>	64.31 ± 6.2 <sup>a</sup>	66.36 ± 6.2 <sup>a</sup>	65.71 ± 3.2 <sup>a</sup>
a	-1.96 ± 1.8	-4.68 ± 3.7 <sup>a</sup>	2.64 ± 7.8 <sup>a</sup>	2.85 ± 8.3 <sup>a</sup>	-0.2 ± 5.0 <sup>a</sup>	0.55 ± 9.5 <sup>a</sup>
b	13.43 ± 4.0	11.78 ± 5.7 <sup>a</sup>	19.18 ± 2.4 <sup>b</sup>	20.71 ± 5.2 <sup>ab</sup>	17.09 ± 3.8 <sup>ab</sup>	17.46 ± 3.5 <sup>ab</sup>

L: lightness. 0 black to 100 white.

a: (+) numbers show red color and (-) numbers show green color.

b: (+) numbers show yellow color and (-) numbers show blue color.

**Table 4** Comparisons of the  $\Delta E$  of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with carotenoid-containing diets and those fed with the control diet

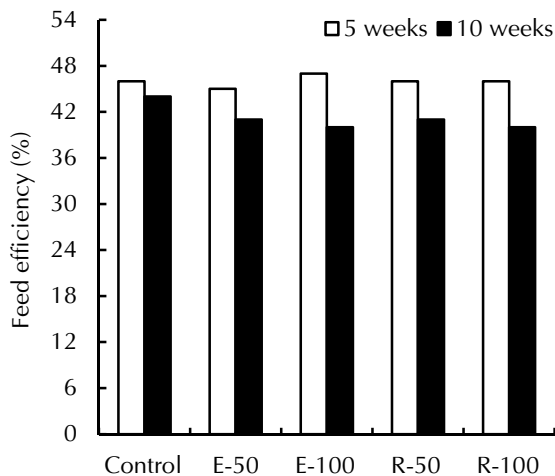
	Position				Mean
	1	2	3	4	
$\Delta E_{21}$	16.86	14.38	11.87	7.98	10.59
$\Delta E_{31}$	16.95	12.03	15.29	3.97	11.72
$\Delta E_{41}$	14.51	17.55	9.07	6.65	14.89
$\Delta E_{51}$	9.72	11.89	14.89	4.35	8.06

$\Delta E_{21}$ : the color difference between group E-50 and the control group

$\Delta E_{31}$ : the color difference between group E-100 and the control group

$\Delta E_{41}$ : the color difference between group R-50 and the control group

$\Delta E_{51}$ : the color difference between group R-100 and the control group

**Fig. 3** Feed efficiency of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) during the experimental period.

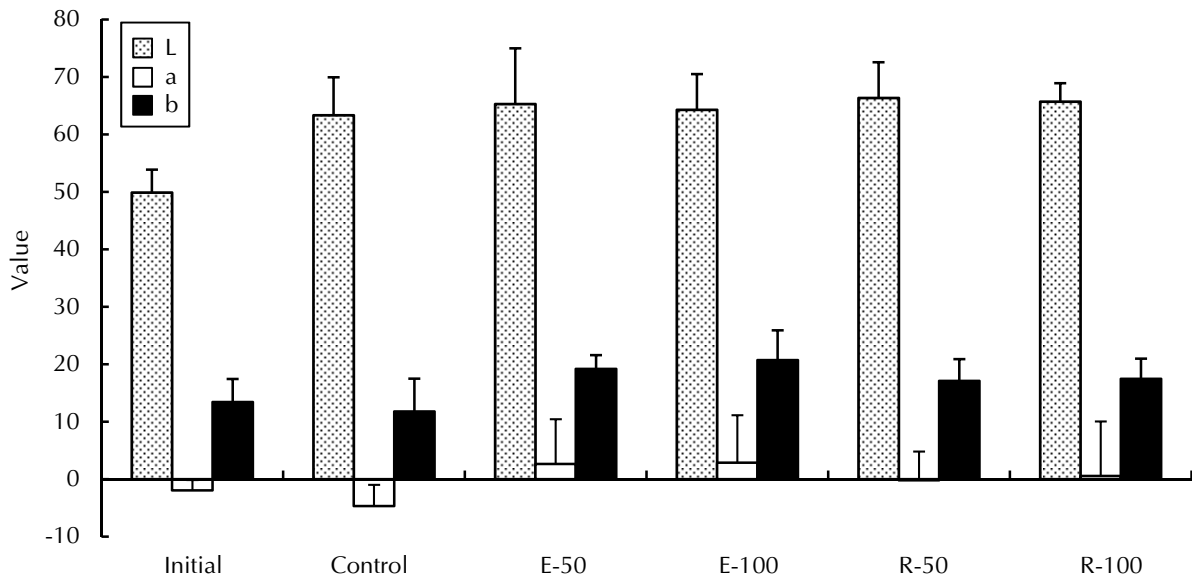
## 二、體表顏色測定

飼養 10 週後，紅色吳郭魚的體色測定結果如 Table 3 和 Fig. 4 所示。餵食含有類胡蘿蔔素添加物的各組，在 10 週後，體表平均 L 值（透明度，“+”數值越高，表示其透明度越高；“-”數值

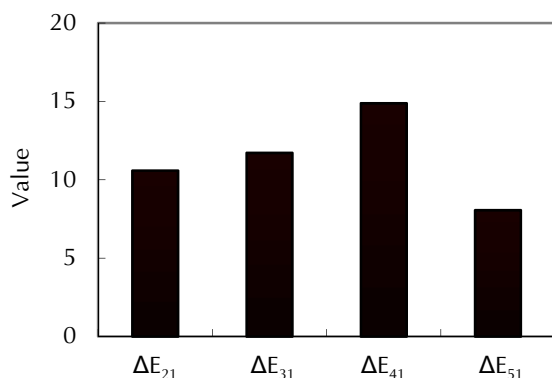
越高，表示其透明度越低）由實驗前的 49.88 增加為 63.36 ~ 66.36，各組間 L 值並無顯著差異；a 值部分（紅色程度，“+”數值越高，表示其紅色程度越高；“-”數值越高，表示其綠色程度越高），實驗前所測得之平均 a 值為 -1.96，餵食含有類胡蘿蔔素添加物的飼料 10 週後進行測量，各組平均 a 值為 -4.68 ~ 2.85，其中以對照組（完全無添加類胡蘿蔔素添加物）之 a 值 -4.68 為最低，而 E-100 組（添加 100 mg/kg 來自大腸桿菌之類胡蘿蔔素）之 a 值 2.85 為最高，添加類胡蘿蔔素之各組與對照組間皆有顯著差異；b 值部分（黃色程度，“+”數值越高，表示其黃色程度越高；“-”數值越高，表示其藍色程度越高），實驗前所測得之平均 b 值為 13.43，餵食含有類胡蘿蔔素添加物的飼料 10 週後進行測量，各組平均 b 值為 11.78 ~ 20.71，其中以對照組（完全無添加類胡蘿蔔素添加物）之 b 值 11.78 為最低，而 E-100 組（添加 100 mg/kg 來自大腸桿菌之類胡蘿蔔素）之 b 值 20.71 為最高，添加類胡蘿蔔素之各組與對照組間皆有顯著差異。其餘各組餵食含有添加類胡蘿蔔素的組別與對照組的色彩差異比較結果如 Table 4

**Table 5** Integumentary carotenoid contents of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with experimental diets for 10 weeks

Skin carotenoid contents (mg/100g)					
Initial	Control	E-50	E-100	R-50	R-100
0.23	0.25	0.48	0.84	0.36	0.56

**Fig. 4** The average L, a, and b skin color values of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with experimental diets for 10 weeks. Values are mean (n = 5).

及 Fig. 5 所示。各組在 4 個不同位置的色彩平均差異值 ( $\Delta E$ ) 由 8.06 ~ 11.72，都到達目視可直接察覺差異的標準 ( $\Delta E > 6.0$ )，分別觀察各部位之  $\Delta E$  可以發現測點 4 (前腹部) 之  $\Delta E$  較其他各測點為低，其中 E-100、R-100 兩組之數據甚至低於 6，未達到目視即可直接察覺差異的標準。

**Fig. 5** Comparisons of the body coloration of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with carotenoid-containing diets and those fed with the control diet.

### 三、表皮總類胡蘿蔔素含量測定

表皮總類胡蘿蔔素測定的結果如 Table 5 和 Fig. 6 所示。各組魚皮所含有的平均總類胡蘿蔔素含量由對照組的 0.25 mg/100 g 最低，其餘有添加類胡蘿蔔素的組別皆比對照組高，E-50、E-100 分別為 0.48、0.84 mg/100g，R-50、R-100 為 0.36、0.56 mg/100 g，其中以組別 E-100 最高，平均總類胡蘿蔔素量可達到 0.84 mg/100 g；比較實驗前分析所採集之魚皮標本中總類胡蘿蔔素之含量可發現，實驗前分析所得之數據為 0.23 mg/100g，與投餵對照組飼料 10 週後所測得之數據幾無差異，而其餘投餵含有類胡蘿蔔素添加物之各組表皮所含總類胡蘿蔔素之含量則明顯高於對照組。

## 討 論

雖然文獻指出類胡蘿蔔素在水生生物的生理

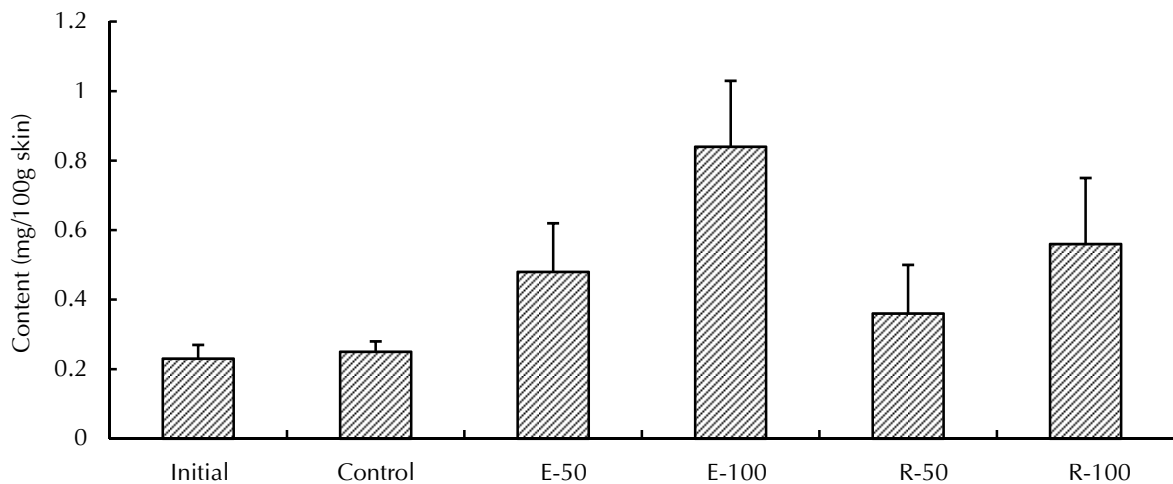


Fig. 6 The integumentary carotenoid content of the red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with carotenoid-containing diets for 10 weeks.

代謝過程中扮演著重要的角色，但根據多位學者研究如 Kalinowski *et al.* (2005) 指出，飼料中分別添加蝦紅素及斑蝥黃素 (canthaxanthin) 投餵平均體重約為 44 g 之 Red porgy (*Pagrus pagrus*) 105 天後，其增重率沒有顯著差異；Olsen and Baker (2006) 指出，飼料中添加葉黃素 (Lutein) 及蝦紅素投餵平均體重約為 280 g 之大西洋鮭魚 138 天後，其增重率沒有明顯差異。Doolan *et al.* (2008) 指出在平均體重約為 129 g 之 Australian snapper (*Pagrus auratus*) 的飼料中添加游離形式之還原蝦紅素並餵養 63 天後，對其增重率、飼料效率等數據皆無顯著差異。國內研究如劉 (2012)、張 (2013) 以類胡蘿蔔素做為色素添加物分別對紅頭金鯛與珠鱗金魚進行試驗，試驗結果對魚隻之成長效果均無顯著助益。綜合前人與本篇研究對魚類成長方面的研究結果，顯示無論在飼料中有無添加類胡蘿蔔素或是添加種類不同的類胡蘿蔔素，都不會對紅色吳郭魚的魚苗成長表現有所影響。

在體表顏色呈現方面，由色差計測量飼養 10 週的紅色吳郭魚在體表色彩的變化，以 a 值最為明顯，各組有添加類胡蘿蔔素的魚隻在位置 1~4 的平均 a 值 (紅色程度) 都比對照組高，表示各組顏色較對照組來得紅，而各部位在 b 值 (黃色值) 和透明度的差異就沒有 a 值明顯，但是以各組內 4 個位置的 a 值、b 值和 L 值分別取平均數值比較，仍可以看出有添加類胡蘿蔔素組別的魚隻的紅色和黃色程度都比對照組高，表示紅色及黃色的色

澤有增加的趨勢，此實驗結果與 Kalinowski *et al.* (2005)、Olsen and Baker (2006)、Doolan *et al.* (2008) 等研究結果相符合；透明度則於實驗各組間無顯著差異。在本研究結果中添加類胡蘿蔔素組別的魚隻 a 值 (紅色) 和 b 值 (黃色) 程度有上升趨勢，透明度則無顯著差異。人類眼睛所見之色彩差異度是由物體本身 a、b 和 L 值所構成，本研究將有添加類胡蘿蔔素組別的色差計測得數值與對照組做比較，發現色彩差異值 ( $\Delta E$ ) 平均可由 8.06 ~ 11.72，皆達到目視可以輕易判別顏色差異的標準 ( $\Delta E > 6.0$ )。

在魚皮總類胡蘿蔔素的蓄積量分析可發現 E-100 組的效果優於 R-100 組，蓄積量分別為 0.84 及 0.56 mg/100 g，E-50 組與 R-50 組相較也是 E-50 組的數據較高，分別為 0.48 及 0.36 mg/100 g，E-50 組織數據甚至接近 R-100 組。此結果與以色差計測量體表顏色數值之結果符合。

由本實驗結果看來，紅色吳郭魚的養殖過程中，飼料中類胡蘿蔔素的來源以基因轉殖之大腸桿菌粉末或人工合成之還原蝦紅素都可以增加魚體的呈色作用，其中以大腸桿菌粉末作為類胡蘿蔔素來源，可使魚皮蓄積較多量的類胡蘿蔔素。以添加類胡蘿蔔素含量為 100 mg/kg 之飼料餵食紅色吳郭魚 10 週後，可使魚皮蓄積類胡蘿蔔素量達 0.84 mg/100 g，效果較同樣以大腸桿菌粉為類胡蘿蔔素來源含量為 50 mg/kg 的飼料佳；且在飼料中添加來自大腸桿菌粉之類胡蘿蔔素，可使魚

體在外觀呈現較鮮紅的顏色，餵食含有大腸桿菌粉末的組別 (E-50 和 E-100) 由色差計所測量的 a、b 值是最高的兩組，因此在飼養紅色吳郭魚的過程中選擇投餵含有類胡蘿蔔素的飼料確實能使魚隻體色較鮮紅，具有較佳的賣相，其中又以添加來自大腸桿菌粉末之類胡蘿蔔素會比人工合成之還原蝦紅素有效。

## 總 結

- 一、在紅色吳郭魚苗的養殖過程中，添加來自基因轉殖之大腸桿菌粉中所含類胡蘿蔔素和人工合成之還原蝦紅素，對其成長表現沒有影響。
- 二、類胡蘿蔔素的添加可以使魚皮利用色差計測得的 a 和 b 值有上升趨勢，其中又以 a 值較為明顯。
- 三、紅色吳郭魚對基因轉殖大腸桿菌之類胡蘿蔔素的吸收及蓄積效果較佳。

## 謝 辭

本研究得以順利完成，承蒙諸位師友的鼓勵與指導，以及東部海洋生物研究中心所有同仁之協助，併此表達由衷之謝意。

## 參考文獻

- 張嘉育 (2013) 飼料中添加不同濃度與來源之類胡蘿蔔素對珍珠鱗金魚增豔效果之影響。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文, 4-6。
- 劉于溶 (2012) 飼料中添加不同類胡蘿蔔素對紅頭金鯛之呈色影響。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文, 4。
- Baker, R. T. M., A. M. Pfeiffer, F. J. Schöner and L. Smith-Lemmon (2002) Pigmenting efficacy of astaxanthin and canthaxanthin in fresh-water reared Atlantic salmon, *Salmo salar*. Anim. Feed Sci. Techn., 99: 97-106.
- Bauernfeind, J. C., C. R. Adams and W. L. Marusich (1981) Carotenes and other vitamin A precursor in animal feed. In Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors (J. C. Bauernfeind ed.),

- Academic Press, New York.
- Booth M. A., R. J. Warner-Smith, G. L. Allan and B. D. Glencross (2004) Effects of dietary astaxanthin source and light manipulation on the skin colour of Australian snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider, 1801). Aquacult. Res., 35: 458-464.
- Buttle L. G., V. O. Crampton and P. D. Williams (2001) The effect of feed pigment type on flesh pigment deposition and colour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* L. Aquacult. Res., 32: 102-111.
- Carberry, J. and F. Hanley (1997) Commercial Intensive Tilapia Culture in Jamaica. In IV Symposium on Aquaculture in Central America: Focusing on Shrimp and Tilapia (D. E. Alston, B. W. Green and H. C. Clifford eds.), 22-24 April 1997, Tegucigalpa, Honduras. Asociacion Nacional de Acuicultores de Honduras and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society, 64-67
- Chen, B. H., T. M. Chen and J. T. Chien (1994) Kinetic model for studying isomerization of  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene during heating and illumination. J. Agri. Food Chem., 42: 2391-2397.
- Choubert, G., M. M. Mendes-Pinto and R. Morais (2006) Pigmenting efficacy of astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary astaxanthin and lipid sources. Aquaculture, 257: 429-436.
- Doolan B. J., G. L. Allan, M. A. Booth and P. L. Jones (2008) Effect of carotenoids and background colour on the skin pigmentation of Australian snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider, 1801). Aquacult. Res., 39: 1365-2109.
- Engle, C. R., (1997) Economics of tilapia aquaculture. pp. 229-243.
- Folch, J., M. Lee and G. S. H. Stanel (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J. Biol. Chem., 226: 497-509.
- Foss, P., T. Storebakken, E. Austreng and S. Liaaen-Jensen (1987) Carotenoids in diets for salmonids V. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. Aquaculture, 65: 293-305.
- Gonzalez, C. E. (1997) La Piscicultura en Colombia: Tecnologia de Punta en El Departamento del Valle.
- Goodwin, T. W. (1984) The Biochemistry of the Carotenoids, Vol. II. Animals (2nd ed.). Chapman & Hall, London, 224 pp.
- Gouveia, L., G. Choubert, N. Pereira, J. Santinha, J. Empis and E. Gomes (2002) Pigmentation of



- gilthead seabream, *Sparus aurata* (L. 1875), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga. *Aquacult. Res.*, 33: 987-993.
- Hartmann, M. F., F. G. Medem, R. Kuhn and H. J. Bieliy (1947) Untersuchungen über die befruchtungsstoffe der regenbogen forelle. *Z. Naturf. B.*, 2: 330.
- Kalinowski, C. T., L. E. Robaina, H. Fernández-Palacios, D. Schuchardt and M. S. Izquierdo (2005) Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture*, 244: 223-231.
- Liebler, D. C. (1993) Antioxidant reactions of carotenoids. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 691: 20-31.
- McBeth, J. W. (1972) Carotenoids from nudibranchs. *Comp. Biochem. Physiol.*, 41B: 55-68.
- Miki W., K. Yamaguchi and S. Konosu (1982) Composition of carotenoids in ovaries of marine fish and shellfish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 71B: 7.
- Mikulin A. Y. and S. G. Soin (1975) The functional significance of carotenoids in embryonic development of eeleostes. *J. Ichthyol.*, 15: 749.
- Ogino, C. and G. Y. Yang. (1978) Requirement of rainbow trout for dietary zinc. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 44: 1015-1018.
- Ogino, C. and G. Y. Yang. (1979) Requirement of carp for dietary zinc. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45: 967-969.
- Olsen, R. E. and R. T. M. Baker (2006) Lutein does not influence flesh astaxanthin pigmentation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 258: 558-564.
- Pesek, C. A. and J. J. Warthesen (1988) Characterization of the photodegradation of  $\beta$ -carotene in aqueous model systems. *J. Food Sci.*, 53: 1517-1520.
- Pesek, C. A. and J. J. Warthesen (1990) A Kinetic model for equilibration of isomeric  $\beta$ -carotene in food materials. *J. Agri. Food Chem.*, 38: 41-45.
- Romana-Eguia, M. R. R. and R. V. Eguia (1999) Growth of five Asian red tilapia strains in saline environments. *Aquaculture*, 173: 161-170.
- Schiedt K. and F. J. Leuenberger (1981) Retention, distribution and metabolism of astaxanthin in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). 6th International Symposium on Carotenoids, Liverpool, UK.
- Schiedt K., F. J. Leuenberger, M. Vecchi and E. Glinz (1985) Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoid in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure Appl. Chem.*, 57: 685-692.
- Skrede G. and T. Storebakken (1986) Instrumental colour analysis of farmed and wild Atlantic salmon when raw, baked and smoked. *Aquaculture*, 53: 279-286.
- Storebakken T. and H. K. No (1992) Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, 100: 209-229.
- Storebakken, T., M. Sørensen, B. Bjerkeng and S. Hiu (2004) Utilization of astaxanthin from red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: effect of enzymatic cell wall disruption and feed extrusion temperature. *Aquaculture*, 236: 391-403.
- Storebakken T., P. Foss, K. Schiedt, E. Austreng, S. L. Jensen and U. Manz (1987) Carotenoids in diet for salmonids IV. Pigmentation of Atlantic salmon with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin. *Aquaculture*, 65: 279-292.
- Tacon, A. G. J. (1981) Speculative review of possible carotenoid function in fish. *Prog. Fish-Culturist*, 43: 205-208.
- Torrissen O. and O. R. Braekkan (1979) The utilization of astaxanthin forms by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). In *Fish Nutrition and Fishfeed Technology* (J. E. Halver and K. Thiews eds.), Vol. 2. H. Heenemann GmbH & Co., Berlin, Germany, 377-382.
- Torrissen O. J., R. W. Hardy and K. D. Shearer (1989) Pigmentation of salmonids – carotenoid deposition and metabolism. *Critical Rev. Aqua. Sci.*, 1: 209-225.
- Ytrestøyl, T., Coral-Hinostroza, G. Hatlen, B. Robb and D. H. F. Bjerkeng (2004) Carotenoid and lipid content in muscle of Atlantic salmon, *Salmo salar*, transferred to seawater as 0+ or 1+ smolts. *Comp. Biochem. Physiol.*, 138B: 29-40.

## Effects of Dietary Carotenoid Supplements on the Integument Pigmentation of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.)

You-Syu Huang<sup>1\*</sup>, Wen-Liang Liao<sup>2</sup> and Yuan-Shing Ho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

<sup>2</sup>Institute of Fisheries Science, National Taiwan University

### ABSTRACT

Tilapia is now the primary product of the aquaculture industry in Taiwan. Red tilapia (*Oreochromis* sp.) was mutated from the Mozambique tilapia species. The purpose of this study was to explore the effects of dietary carotenoid supplements on the integument pigmentation of red tilapia (*Oreochromis* sp.).

Experiments were conducted to provide two different sources of carotenoids: gene transferred *Escherichia coli* powder and synthetic astaxanthin. The mean weight of the red tilapia tested was about 2.6 g. Fish were divided into five groups with differing experimental diets: a control group (Ctrl), an E-50 group, an E-100 group, an R-50 group, and an R-100 group. The diets of the fish in the E-50 group and the E-100 group were supplemented with gene transferred *Escherichia coli* powder with two different carotenoid contents, 50 and 100 mg/kg, respectively. The diets of the fish in the R-50 group and the R-100 group were supplemented with synthetic astaxanthin at 50 and 100 mg/kg, respectively. The duration of the experiment was 10 weeks. Fish integument was measured with a tristimulus colorimeter, and further quantified for skin pigment.

The results suggested that carotenoid supplements did not have obvious effects on the growth performance and feed efficiency, but did improve pigmentation by enhancing a and b values in the red tilapia. In this trial, the  $\Delta E$  varied from 8.06 to 14.89, while the content of carotenoids in the red tilapia tested varied from 0.25 to 0.84 mg/100 g.

**Key words:** red tilapia, growth performance, integument carotenoids, synthetic astaxanthin

---

\*Correspondence: Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute. TEL: (089) 514-363 ext. 111; FAX: (089) 514-366; E-mail : r96b45015@ntu.edu.tw