

飼料中的還原蝦紅素對白蝦體色素的影響

余俊欣* · 黃美瑩 · 劉文御

行政院農業委員會水產試驗所 水產養殖組

摘 要

白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 體表的色素不足現象，是以室內高密度循環水養殖所面臨的問題，原因是其體內的類胡蘿蔔素 (carotenoids)，特別是還原蝦紅素 (astaxanthin) 不足所導致。本研究在飼料中添加還原蝦紅素，嘗試改善白蝦體內色素含量不足的現象。

試驗分三組，對照組 (A0) 飼料中未添加還原蝦紅素，試驗組飼料之添加濃度分別為 40 (A40) 和 120 mg/100 g (A120)。幼蝦餵飼八週後，對照組與試驗組以及兩試驗組之間，在平均體重、特定成長率 (specific growth rate)、飼料轉換率及存活率上均無顯著差異 ($P>0.05$)。增色效果方面，經微波爐加熱後，對照組白蝦的體色蒼白，試驗組者則較為紅潤。分析各組白蝦體內的色素濃度，試驗組者亦顯著高於對照組 ($P<0.05$)。與市售之室外池飼養的白蝦相較，A40 與 A120 組之頭部與蝦殼色素濃度，顯然高於市售者，但在蝦肉方面，則無顯著差異。

本試驗結果顯示，在室內養殖白蝦，飼料中之還原蝦紅素的添加量僅需 40 mg/100 g，且連續投餵四週後，即可達成增色之效果，其體色與室外養成者並無差異。

關鍵詞：白蝦、還原蝦紅素。

前 言

在室內高密度養殖的環境之下，白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 和草蝦 (*Penaeus monodon*)、斑節蝦 (*Marsupenaeus japonicus*) 一樣，會發生體表色素不足的現象，導致商品價值降低。蝦類的體色受其體內類胡蘿蔔素 (carotenoids) 的多寡所影響，特別是還原蝦紅素 (astaxanthin) 的含量，而細胞色素中結合還原蝦紅素的類胡蘿蔔素蛋白 (carotenoproteins) 濃度，更是決定甲殼類 (特別是十足目) 體色的重要因子 (Goodwin, 1960; Britton *et al.*, 1981)。還原蝦紅素佔了蝦體主要色素量的 80% 以上 (Katayama *et al.*, 1971; Tanaka *et al.*, 1976; Tanaka and Katayama, 1979; Howell and Mathews, 1991; Okada *et al.*, 1994)，因此蝦體色素不足的現象可能是因為這些構成體色的色素量不足所致。

一般甲殼類跟其他動物一樣，無法自行合成類胡蘿蔔素，其來源必須完全由食物中供給 (Goodwin, 1984)。Tanaka *et al.* (1976) 指出，類胡蘿蔔素在斑節蝦體內的代謝途徑有兩種：(1) β -carotene \rightarrow isocryptoxanthin \rightarrow echinenone \rightarrow canthaxanthin \rightarrow phoenicoxanthin \rightarrow astaxanthin；(2) zeaxanthin \rightarrow 4-ketozeaxanthin \rightarrow astaxanthin，而這兩種代謝途徑的最終產物均為還原蝦紅素。在室內高密度的養殖環境中，營養的需求完全來自所投餵的飼料，若飼料中缺乏類胡蘿蔔素或含量不足，勢必嚴重影響養殖蝦類體內累積的色素量以及體色的表現。

試驗證實斑節蝦能直接將還原蝦紅素儲存在組織中，所以在飼料中添加還原蝦紅素會有很好的增色效果，如 Yamada 等在飼料中加入 200 ppm 的還原蝦紅素 (20 mg/100 g) 和 400 ppm 餵飼八週，可使斑節蝦體內的色素濃度達 40.4 - 40.6 mg/kg (4.04 - 4.06 mg/100 g) (Yamada *et al.*, 1990)；Chien and Jeng (1992) 建議斑節蝦出售前餵食添加還原蝦紅素 100 mg/100 g 的飼料 1 個

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-2101;
FAX: (02) 2462-8138; e-mail: chy@mail.tfrin.gov.tw

月，可使頭部、蝦肉及蝦殼中的類胡蘿蔔素濃度分別累積達 85 mg/kg、38 mg/kg 及 54 mg/kg。Menasveta *et al.* (1993) 以飼料中添加 50 ppm 還原蝦紅素對草蝦的體色有較佳的改進效果，並在餵飼四週後分析蝦殼中的類胡蘿蔔素濃度有 50.2 mg/kg，蝦肉中則有 14.5 mg/kg；分析蝦殼的色素組成結果，發現還原蝦紅素佔總色素量的 70 – 90%。Liao *et al.* (1993) 用數種含有類胡蘿蔔素的原料 (β -carotene、*Spirulina*、*Phaffia*、krill oil) 分別添加於草蝦飼料中，餵飼一段時間之後分析蝦殼中的色素濃度變化，結果顯示以添加螺旋藻 (*Spirulina*) 對草蝦的增色效果最好，彼等認為在螺旋藻中的類胡蘿蔔素以玉米黃素 (zeaxanthin) 為主，而玉米黃素被草蝦吸收後會快速轉變成還原蝦紅素，使蝦體產生增色的效果，而彼等同時建議螺旋藻的添加量為 3%，可使草蝦外殼中之類胡蘿蔔素濃度增加至 8.01 mg/100 g。本研究將針對添加還原蝦紅素對白蝦累積色素能力的影響進行研究。

材料與方法

一、試驗飼料

本試驗共分三組，每組兩重複，試驗飼料之原料組成以白蝦稚蝦蛋白質需求之初步試驗之 P2 飼料 (蛋白質含量 37.2%) 為基本架構 (余等, 2002)，試驗組分別以還原蝦紅素 (Carophyll Pink, 8% astaxanthin, Roche Co. Ltd.) 0.5、1.5% 部分取代飼料原料中的麵粉，使還原蝦紅素在試驗飼料組中的濃度分別為 40 mg/100 g (A40 組)、120 mg/100 g (A120 組)，試驗飼料中的其他組成則完全與對照組飼料 (A0 組) 相同，而在對照組飼料中則未添加色素。

二、飼育設備與方法

養殖系統中的飼育槽為 FRP 方形水槽 (底面積為 1 m²，共六槽)，每槽水量 500 L，各槽內放置兩管打氣管，試驗開始時每槽隨機放養平均體重 6 g 的幼蝦 50 尾。每日投餌三次 (8:00; 12:00; 17:00)，日投餵量隨蝦子成長及攝餌狀況調整 (為體重的 6 – 5%)。試驗系統採循環水養殖，總水量

為 5.5 ton，飼育槽之水體循環量為 0.2 L/sec。每隔四週取出各槽所有幼蝦，以測定各槽稚蝦之平均體重，並於稱重後各槽隨機取 10 尾做為色素分析之樣本，試驗期間為期八週。

三、水質分析

氮 - 氮以 phenolhypochlorite 法測定 (Solorzano, 1969)；亞硝酸-氮以 Bendschneider and Robinson 的方法測定 (Bendschneider and Robinson, 1952)；硝酸-氮則以紫外光分光篩選法測定 (American Publish Health Association, 1998)；pH 值以 METTLER DELTA 350 型 pH 計測定。

四、成分分析

(一) 飼料一般成分分析

水分、灰分、蛋白質、脂質等項目，均參照 A.O.A.C. (1984) 的方法進行分析。

(二) 色素分析

每槽所取之幼蝦樣本 10 尾，將每尾幼蝦分成三個部分：全頭部 (包括步足)、蝦肉、外殼 (包括尾扇和泳足)，同一水槽所取出的幼蝦，依照部位區分為三個樣本，以進行色素分析。每個樣本先以均質機均質 5 分鐘，然後將丙酮 (acetone) 及正己烷 (n-hexane) 以 2:3 比例混合後萃取樣本中所含之類胡蘿蔔素，並將萃取液以濾紙 (Toyo 5 C) 濾除雜質。之後再加入蒸餾水使色素轉移至正己烷層，並以蒸餾水重複沖洗以移去殘留的丙酮，殘餘水分則以加入 5 – 10 g Na₂SO₄ / 100 ml 溶液的方式去除。溶液中所含的色素量以分光光度計，定吸光值在 470 nm【E (1 %, 1 cm) = 2115】測定樣本中之色素濃度，色素濃度單位以 mg carotenoid / 100 g wet tissue 表示 (Simpson *et al.*, 1985)。

五、計算公式

(一) 特定成長率 (specific growth rate)

$$= (\ln \text{蝦子末重} - \ln \text{蝦子初重}) \div \text{養殖天數} \times 100$$

(二) 飼料轉換率 (food conversion rate)

$$= \text{投餵飼料量} \div \text{蝦子增重量}$$

(三) 活存率 (survival)

= (試驗結束時蝦子的數量 ÷ 試驗開始時蝦子的數量) × 100

(四) 色素濃度 (pigment concentration)

(mg carotenoid / 100 g wet tissue) = (O.D. × Vol × 10³) ÷ (E × Weight of tissue)

O. D. (吸光值) : 波長 λ = 470 nm

Vol : 樣本稀釋之毫升數

E (extinction coefficient value, 吸光值係數) :

E (1%, 1 cm) = 2115

Weight of tissue (g) : 樣本組織溼重

六、統計方法

單因子變方分析 (one-way analysis of

variance, ANOVA) 及 鄧氏多變域測定法 (Duncan's multiple range test procedure) 分析, 顯著水準定為 5% (沈, 1993)。

結 果

一、飼料成分分析

試驗飼料一般成分的分析結果如 Table 1。各組飼料之一般成分並無差異, 僅有色素含量不同。

二、養殖結果

八週後的各項養殖結果如 Table 2。試驗開始時各組平均體重 5.90 – 6.00 g, 飼養八週後的平均

Table 1 Formulation and proximate composition of the experimental diets (%)

Ingredients	Experimental diet ¹		
	A0	A40	A120
Fish meal (CP=67%)	30	30	30
Wheat flour	26	25.5	24.5
Others ²	44	44	44
Astaxanthin (8%)	0	0.5	1.5
Proximate composition			
Moisture	7.22±0.01	7.53±0.02	7.51±0.02
Crude protein	37.51±0.19	37.92±0.06	38.13±0.17
Crude fat	11.38±0.23	11.27±0.06	11.46±0.04
Ash	13.62±0.16	13.50±0.07	13.56±0.08

¹A0: no adding astaxanthin; A40: adding astaxanthin 40 mg/100 g; A120: adding astaxanthin 120 mg/100 g.

²Others: shrimp shell meal 8%, cuttle meal 8%, soybean meal 10%, wheat gluten meal 3%, fish oil 5%, lecithin 2%, calcium phosphate 1.5%, calcium lactate 0.5%, zeolite 2%, betaine 0.5%, sodium chloride 0.5%, vitamin premix 1%, mineral premix 2% (vitamin premix and mineral premix are preparations of Cyanamid Co., Ltd., Taiwan).

Table 2 Results of white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed experimental diets for 8 weeks

Results	Experimental diets ¹		
	A0	A40	A120
Initial Average weight (g) ²	5.90±0.25	6.00±0.04	5.91±0.02
Final Average weight (g)	15.62±1.46	13.65±1.00	15.19±0.79
Specific growth rate	1.74	1.47	1.68
Food conversion rate	2.18	2.75	2.21
Survival (%)	80.0±5.7	93.0±7.1	77.0±9.9

¹A0: no adding astaxanthin; A40: adding astaxanthin 40 mg/100 g; A120: adding astaxanthin 120 mg/100 g.

²Mean ± S.D. (n=2).

體重為 13.65 – 15.62 g；各組之特定成長率在 1.47 – 1.74 之間；飼料轉換率在 2.18 – 2.75；存活率介於 77.0 – 93.0%；試驗結束後之各項養殖結果在各組間皆無顯著差異 ($P>0.05$)。

三、水質分析

試驗期間養殖系統之水溫為 26 – 28°C，鹽度為 20 – 25 ppt，總氮-氮濃度在 0.2 ppm 以下，亞硝酸-氮在 100 ppb 以下，硝酸-氮在 20 ppm 以下，水質狀況皆控制在安全範圍之內。

四、色素分析結果

飼養八週後將各組試驗蝦隨機選取數尾拍照比較，以肉眼觀察對照組其體色較淺且偏藍白；試驗組則體色較深、觸鬚較紅，此與市售飼養在室外池體色正常的白蝦相似 (Fig. 1)。將試驗蝦以

微波加熱後拍照比較，以肉眼觀察對照組體色仍偏淺白；而試驗組則體色較紅與市售白蝦之色澤相似 (Fig. 2)。

將每槽所取之幼蝦樣本每尾分成三個部分：頭部 (包括步足)、蝦肉、外殼 (包括尾扇和泳足)，同一水槽所取出的幼蝦，依照部位不同區分為三個樣本，進行色素分析，結果如 Fig. 3。

(一) 蝦頭部分：

試驗開始時各組的類胡蘿蔔素濃度為 0.37 mg/100 g。而 A0 組飼養四週後，色素濃度為 0.82 mg/100 g；飼養八週後，色素濃度為 0.69 mg/100 g，A0 組在八週飼養期間內色素濃度並無顯著 ($P>0.05$) 差異。試驗組中的 A40 組在飼養四週後，色素濃度為 5.92 mg/100 g；飼養八週後，色素濃度增加至 8.30 mg/100 g，其色素濃度在飼養八週後顯著 ($P<0.05$) 高於飼養四週後。A40 組不

Fig. 1 Color of the white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diets with different concentrations of astaxanthin for 8 weeks.

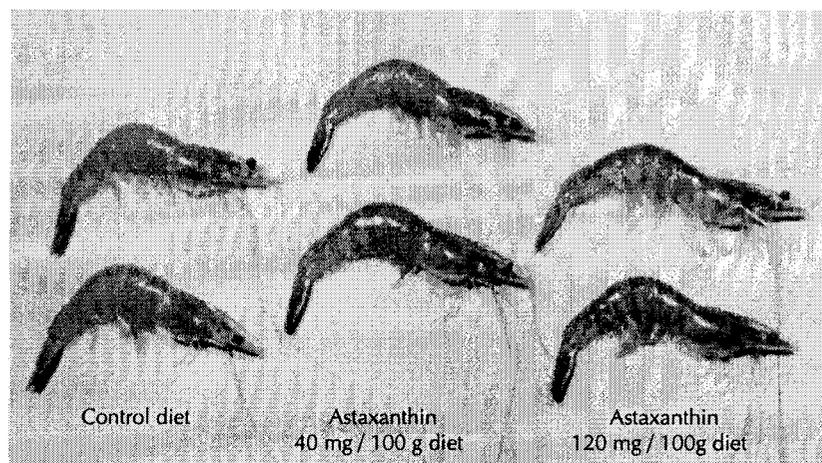
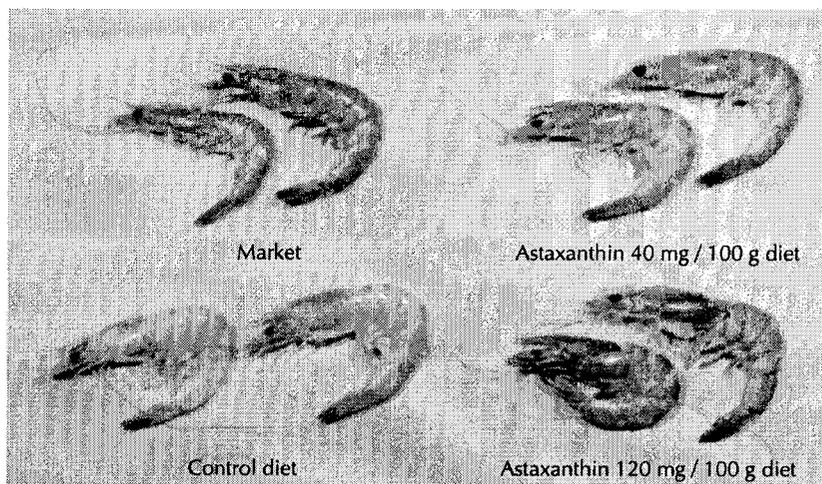


Fig. 2 Color, after being cooked in a microwave oven, of white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from this study and the market.



論飼養四或八週後，其色素濃度皆顯著高於 A0 組。A120 組飼養四週後，色素濃度為 7.23 mg/100 g；飼養八週後，色素濃度增加至 11.58 mg/100 g；經過八週飼養後的色素濃度亦顯著高於飼養四週。若 A120 組與 A40 組相比較，飼養四週後的 A120 組其色素濃度顯著高於同時間的 A40 組，但飼養八週後的 A120 組與 A40 組相較之下，其色素濃度並無顯著差異。另外再針對市售白蝦做色素分析，其頭部之色素濃度為 4.07 mg/100 g，顯著高於試驗過程中之 A0 組；但其若與兩試驗組相比較，則其頭部之色素濃度顯著低於飼養四週以後之兩試驗組。

(二) 蝦肉部分：

試驗開始時各組之色素濃度為 0.33 mg/100 g。A0 組在飼養四週與八週後，其色素濃度分別為 0.28 mg/100 g 與 0.29 mg/100 g，故 A0 組在試驗期間的色素濃度並無顯著差異。而 A40 組經過四週與八週的飼養後，色素濃度分別為 1.19 mg/100 g 與 1.63 mg/100 g，後者的色素濃度顯著高於前者。且 A40 組在飼養四週之後，其色素濃度皆顯著高於試驗期間的 A0 組。此外 A120 組經過四週與八週的飼養後，色素濃度分別為 1.51 mg/100 g 與 1.55 mg/100 g 兩組色素濃度並無顯著差異。若將飼養四週之後的 A120 與 A40 兩組相

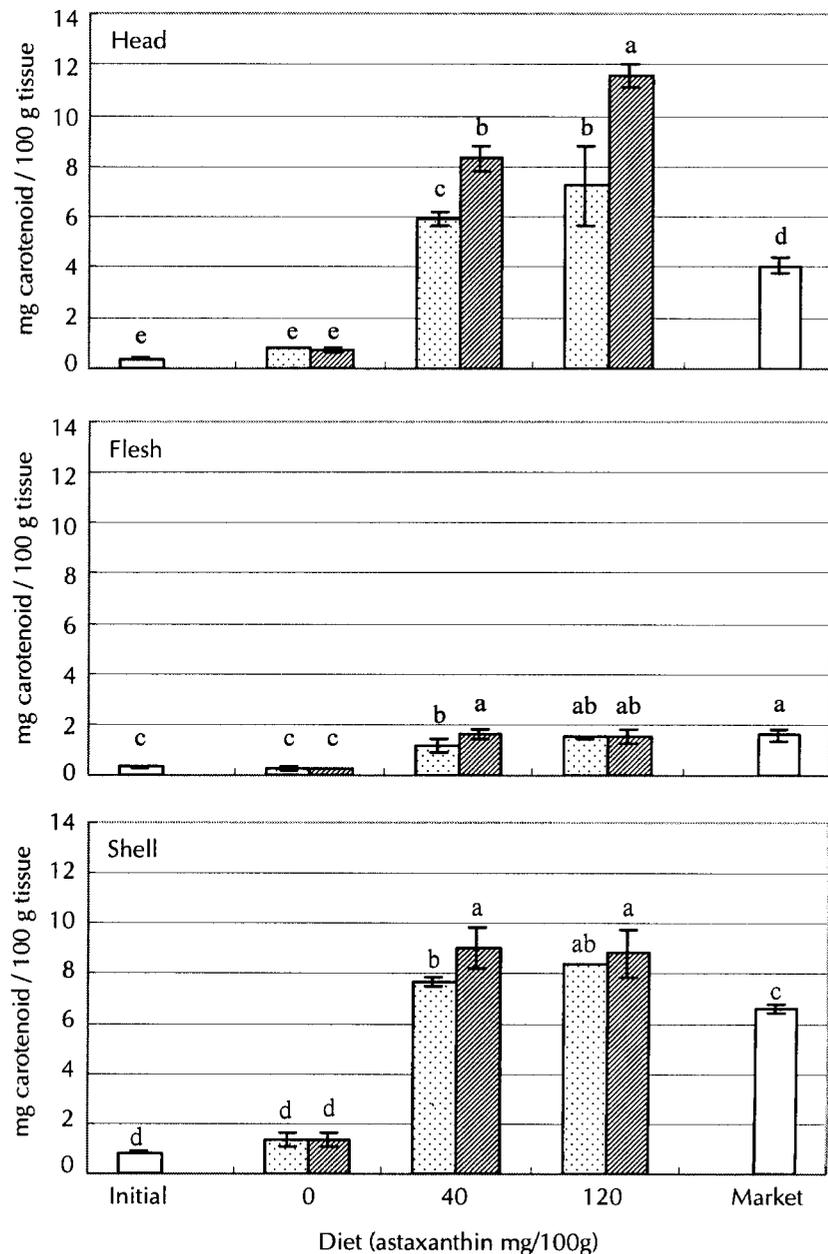


Fig. 3 Pigment concentration in head, flesh and shell of white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed diets with different concentrations of astaxanthin. Values with different letters significantly differ ($P < 0.05$). □ 4 weeks; ▨ 8 weeks.

比較，兩試驗飼料對白蝦的增色效果並無顯著差異。分析市售白蝦，其蝦肉色素濃度為 1.58 mg/100 g 與飼養八週後的 A40 組或飼養四週後的 A120 組相較則無顯著差異。

(三) 蝦殼部分：

試驗開始時之色素濃度為 0.84 mg/100 g。在 A0 組飼養過程中，蝦殼中的色素濃度並無明顯改變；而 A40 組經飼養四週及八週後，色素濃度分別是 7.66 mg/100 g 和 9.03 mg/100 g，其色素濃度皆顯著高於 A0 組。此外，A120 組飼養四週及八週後，其色素濃度分別為 8.36 mg/100 g 與 8.83 mg/100 g，兩者並無顯著差異；將 A120 組與 A40 組兩組相比較，不論飼養四週或八週後，其色素濃度均無顯著差異。最後分析市售白蝦，其蝦殼色素濃度為 6.59 mg/100 g，顯著高於對照組，但與試驗組相較，則顯著低於飼養四週之後的 A40 組或 A120 組。

討 論

本試驗結果發現，無論在對照組和添加不同濃度還原蝦紅素的試驗組，三者平均體重、特定成長率、飼料轉換率及活存率上皆無顯著差異。McKay (1987) 在飼料添加數種色素原料，對美國龍蝦 (*Homarus americanus*) 之成長並無顯著的影響；而 Sommer *et al.* (1991) 於螯蝦 (*Cherax tenuimanus*) 的飼料中添加微藻 (microalga)，對其成長亦無影響。Yamada *et al.* (1990) 及 Negre-Sadargues *et al.* (1993) 指出，飼料含有類胡蘿蔔素的色素飼料，對斑節蝦的成長亦無促進效果。在 Bordner *et al.* (1986) 將色素原料添加於飼育美國龍蝦的純化飼料中，則對其成長有顯著的提昇效果。飼料含有類胡蘿蔔素的飼料，同樣的對斑節蝦的成長有幫助 (Chien and Jeng, 1992)；Petit *et al.* (1997) 指出，飼料中添加還原蝦紅素可縮短脫殼週期。因此，從以上的研究顯示，添加類胡蘿蔔素對於促進甲殼類成長的效果不一，可能的原因為：(1) 不同甲殼類對不同種類色素的利用能力有差異；(2) 蝦子的體型大小不同；(3) 飼料中原有之色素含量已達到試驗蝦的需求。

試驗蝦養殖四或八週後，分析其頭部、蝦肉、外殼三個部分的色素濃度，顯示不論飼料何種試

驗飼料，其頭部與蝦殼的色素濃度皆明顯大於蝦肉的色素濃度。至於頭部與外殼的色素濃度，在對照組中殼的色素濃度大於頭部，試驗組則頭部與殼之間的色素濃度並無明顯差異。此外，試驗組飼養八週後的色素濃度顯著高於飼養四週後的色素濃度，顯示色素的蓄積量會隨飼養時間的增長而增加 (此現象在頭部尤為明顯)。蝦體中類胡蘿蔔素濃度的分布會隨組織或器官的不同而有所變化，在許多其他的試驗報告亦有關於這方面的研究：如在斑節蝦方面的研究中，針對蝦體不同部位，色素濃度遞減的順序為，頭部、殼及腹部肌肉 (Chien and Jeng, 1992)；而 Negre-Sadargues *et al.* (1993) 更進一步以不同的組織分析，結果色素濃度遞減的順序為，表皮、肝胰臟及殼。另外在熊對蝦 (*P. semisulcatus*) 的研究方面，色素濃度遞減的順序為，表皮、消化腺、卵巢、眼及肌肉 (Dall, 1995)。在草蝦方面的研究報告顯示，蝦殼中還原蝦紅素的蓄積量高於蝦肉，而在飼料色素飼料兩週後，蝦肉的色素蓄積已達一穩定量，至於殼部的色素量則有持續增加的趨勢 (Menasveta *et al.*, 1993)；此外，Pan *et al.* (1999) 的研究結果顯示，蝦殼的色素濃度比頭部高，但是若以乾重換算則兩者之間並無顯著差異。因此，本試驗證明白蝦與其他蝦類一樣，在不同部位的色素含量不同，而在蝦肉部位的色素達一定量之後，即使再增加飼料之色素濃度或飼料期間其色素蓄積量亦不會再增加；但在頭部與蝦殼的部分則有隨飼料色素濃度或飼料期間增加而增加的趨勢。

白蝦飼料中添加還原蝦紅素飼養後，試驗組蝦體之色素濃度顯著高於對照組，而兩試驗組的白蝦體色較深且觸鬚較紅，經四週的養殖後，在其頭部與蝦殼的色素濃度分別為 5.92、7.43 mg/100 g 與 7.66、8.36 mg/100 g，顯著高於市售白蝦的 4.07 與 6.59 mg/100 g，但在蝦肉所含色素濃度部分則與市售白蝦無顯著的差異。因此，本試驗以添加 40mg/100 g 還原蝦紅素的飼料飼養四週後，在蝦體之色素濃度上即有超越市售白蝦的效果。草蝦之體色同樣的取決於類胡蘿蔔素的濃度，體色呈藍白者其外殼類胡蘿蔔素濃度為 2.3 - 4.1 mg/100 g，體色呈灰色者其濃度為 8.0 - 8.2 mg/100 g，體色呈黑灰 (dark gray) 者其濃度為 20.2 - 33.1 mg/100 g；而分析其類胡蘿蔔素的種類發現，還原蝦紅素佔總色素濃度的 86 - 98% (Okada *et al.*,

1994)。因此，不同蝦類飼料中的最適色素添加量及添加種類都不盡相同，但可確定的是對於白蝦、斑節蝦、草蝦等，將還原蝦紅素添加於飼料中都有良好的增色效果。至於是否像草蝦能利用玉米黃素來作為增色促進劑，仍須進一步試驗證實。

謝 辭

本文承本所加工組王研究員文政於飼料配方及製造上的指導與協助，試驗期間感謝本組同仁張振元於白蝦養殖上的鼎力幫忙。此外，審查委員們對本文所提供諸多的寶貴意見，作者在此均表最誠摯的謝意。

參考文獻

- 余俊欣, 黃美瑩, 劉文御 (2002) 白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 稚蝦於室內高密度循環水養殖下之蛋白質需求初步試驗. 水產研究, 10(1&2): 1-6.
- 沈明來 (1993) 試驗設計學. 九州圖書文物有限公司, 台北.
- American Public Health Association (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.). American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
- A. O. A. C. (1984) Official Methods of Analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bendschneider, K. and R. J. Robinson (1952) A new spectrometric method for the determination of nitrite in the sea water. J. Mar. Res., 11: 87-96.
- Bordner, C. E., L. R. D'Abramo, D. E. Conklin and N. A. Baum (1986) Development and evaluation of diets for crustacean aquaculture. J. World Aquacult. Soc., 17: 44-51.
- Britton, G., G. M. Armitt, S. Y. M. Lau, A. K. Petal and C. C. Shone (1981) Carotenoproteins. In Carotenoid Chemistry and Biochemistry (G. Britton and T. W. Goodwin eds.), Pergamon Press Oxford, 237-251.
- Chien, Y. H. and S. C. Jeng (1992) Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimes. Aquaculture, 102: 333-346.
- Dall, W. (1995) Carotenoids versus retinoids (Vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semiculcatus*). Mar. Biol., 124: 209-213.
- Goodwin, T. W. (1960) Biochemistry of pigments. In The Physiology of Crustacea, Volume I: Metabolism and Growth (T. H. Waterman ed.), Academic Press, London and NY, 101-140.
- Goodwin, T. W. (1984) The Biochemistry of the Carotenoids (2nd ed.). Chapman and Hall, London, 64-96.
- Howell, B. K. and A. D. Mathews (1991) The carotenoids of wild and blue disease affected farmed tiger shrimp (*Penaeus monodon*, Fabricus). Comp. Biochem. Physiol., 98B: 375-379.
- Katayama, T., K. Hirata and C. O. Chichester (1971) The biosynthesis of astaxanthin - IV. The carotenoids in the prawn, *Penaeus japonicus* Bate (Part 1). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37: 614-620.
- Liao, W.L., S. A. Nur-E-Borhan, S. Okada, T. Matsui and K. Yamaguchi (1993) Pigmentation of cultured black tiger prawn by feeding with a *Spirulina*-supplemented diet. Nippon Suisan Gakkaishi, 59: 165-169.
- McKay, C. (1987) The effectiveness of a dietary supplement of astaxanthin in relation to the pigmentation and growth of the American lobster, *Homarus americanus*. BSc Honors Degree, Dalhousie University, Biology Department, Halifax.
- Menasveta, P., W. Worawattanamateekul, T. Latscha and J. S. Clark (1993) Corection of black tiger prawn (*Penaeus monodon* fabricius) coloration by astaxanthin. Aquacul. Eng., 12: 203-213.
- Negre-Sadargues, G., R. Castillo, H. Petit, S. Sonces, R. G. Martinez, J. C. G. Milicua, G. Choubert and J. P. Trilles (1993) Utilization of synthetic carotenoids by the prawn *Penaeus japonicus* reared under laboratory condition. Aquaculture, 110: 151-159.
- Okada, S., S. A. Nur-E-Borhan and K. Yamaguchi (1994) Carotenoid composition in the exoskeleton of commercial black tiger prawns. Fish. Sci., 60: 213-215.
- Pan, C. H., Y. H. Chien and J. H. Cheng (1999) Carotenoid content in various tissues of cultured *Penaeus monodon* by their sizes, sexes and molting stages. J. Fish. Soc. Taiwan, 26: 51-57.
- Petit, H., G. Negre-Sadargues, R. Castillo and J. P. Trilles (1997) The effects of dietary astaxanthin on growth and moulting cycle of postlarval stages of the prawn,

- Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). Comp. Biochem. Physiol., 117A: 539-544.
- Simpson, K. L., S. C. S. Tsou and C. Chichester (1985) Carotene. In Method of Vitamin Assay (J. Augustin, B. P. Klein, D. Becher and P. Venugopal eds.), Wiley, New York, NY, 185-220.
- Sommer, T. R., N. M. Morrissy and W. T. Potts (1991) Growth and pigmentation of marron, *Cherax tenuimanus* fed a reference ration supplemented with the microalga *Dunaliella salina*. Aquaculture, 99: 285-295.
- Solorzano, L. (1969) Determination of ammonia in natural water by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14: 799-801.
- Tanaka, Y. and T. Katayama (1979) Carotenoids in wild and cultured, red sea bream, *Pagrus major* Temmink & Schlegel and prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ., 28: 1-7.
- Tanaka, Y., H. Matsuguchi, T. Katayama, K. L. Simpson and C. O. Chichester (1976) The biosynthesis of astaxanthin-XVIII. The metabolism of carotenoids in the prawn, *Penaeus japonicus* Bate. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42: 197-202.
- Yamada, S., Y. Tanaka, M. Sameshima and Y. Ito (1990) Pigmentation of prawn, *Penaeus japonicus* with carotenoids. I. Effect of dietary astaxanthin, β -carotene and canthaxanthin on pigmentation. Aquaculture, 87: 323-330.

The Effect of Dietary Astaxanthin on Pigmentation of White-leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Chun-Shin Yu*, Mei-Ying Huang and Wen-Yu Liu

Aquaculture Division, Fisheries Research Institute

Abstract

White-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in indoor super-intensive recirculation systems are often pale in color. This phenomenon is mainly attributed to insufficient inclusion of pigments, especially astaxanthin, in the shrimp. This study was therefore aimed at improving the shrimp's pigmentation through supplement with astaxanthin in the diet.

Diets supplemented with 0, 40, and 120 mg astaxanthin / 100 g, denoted the control, A40, and A120 groups, respectively, were fed to juvenile shrimp for 8 weeks. No differences ($p > 0.05$) were found in average body weights, specific growth rates, feed conversion rates, or survival rates among the shrimp fed those three diets. After microwave cooking, control shrimp were pale while A40 shrimp and A120 shrimp were reddish. Carotenoid concentrations in the head and shell of A40 shrimp and A120 shrimp were significantly ($p < 0.05$) higher than those of the white-leg shrimp from the market; however, there was no difference in carotenoid concentration in tail muscle.

Results of this study indicated that white-leg shrimp fed a diet supplemented with 40 mg astaxanthin / 100 g for 4 weeks could obtain coloration comparable to that of the shrimp sold in the market, which had been reared in outdoor ponds.

Key words: white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, astaxanthin.

*Correspondence: Aquaculture Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Rd., Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101; FAX: (08) 2462-8138; e-mail: chyu@mail.tfrin.gov.tw